

Serie MONOGRAFIAS - N.º 8 - Año 1987

LAS MAQUINAS PARA  
LA RECOLECCION DE ACEITUNAS.  
PRINCIPIOS Y CARACTERISTICAS



**JUNTA DE ANDALUCIA**  
*Consejería de Agricultura y Pesca*

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y EXTENSION AGRARIAS

**LAS MAQUINAS PARA LA RECOLECCION DE ACEITUNA.  
PRINCIPIOS Y CARACTERISTICAS**

Prohibida la reproducción, incluso parcial,  
sin la autorización del autor o editor.

**Publicación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.**

**Edita:** Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias.  
Centro de Información y Documentación Agraria - Sevilla

**Serie:** Monografías nº 8/1987.

**I.S.B.N.:** 84-505-6898-6.

**Depósito Legal:** SE-1319-1987.

**Diseño:** Heliodoro Fernández López

**Ilustraciones y Fotos:** El Autor.

**Imprime:** P.A.O. SUMINISTROS GRAFICOS, S.A. Sevilla.

**Año de edición:** 1.987.

# **LAS MAQUINAS PARA LA RECOLECCION DE ACEITUNA. PRINCIPIOS Y CARACTERISTICAS**

ANDRES PORRAS PIEDRA \*

Doctor Ingeniero Agrónomo

- \* Laboratorio de Tecnología y Mecánica Agraria
- \* Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias



## INDICE

Prólogo .....	6
1. Introducción. Necesidad y justificación de la mecanización del olivar ..	11
2. Necesidades de aporte energético humano del olivar tradicional .....	13
3. Sistemas de recolección tradicionales. Conceptos previos .....	14
4. Recolección. Período óptimo .....	18
5. Fases de recolección. Análisis de tiempos .....	25
6. Vibradores. Mercado español y sus características técnicas .....	28
7. Características de la vibración producida por los vibradores .....	45
8. Nuevo sistema. La acumulación de energía .....	59
9. Máquinas para recolección de fruto del suelo .....	73
10. Máquinas para la recepción del fruto .....	88
11. Máquinas para limpieza del fruto .....	90
12. Recolección mecanizada de aceituna de verdeo .....	99
13. Aspectos agronómicos. Hacia una mecanización integral .....	106
14. Rendimientos de trabajo de las máquinas en la recolección de aceituna ..	112
15. Uso y entretenimiento .....	112



## PROLOGO

*Desde hace mucho tiempo se ha dejado sentir en el área mediterránea, la necesidad de modernizar el cultivo del olivo y la industria transformadora de sus productos, en orden a mejorar la calidad de las producciones de este árbol, así como de reducir el costo de los productos obtenidos, en especial el aceite de oliva, con el fin de situarlo en las mejores condiciones de competitividad en el mercado mundial de los aceites vegetales comestibles.*

*La olivicultura tradicional se caracteriza por unos rendimientos bajos, desde el punto de vista de la productividad, destacando el excesivo empleo de mano de obra, frente a los cultivos concurrentes.*

*Es necesario, siguiendo el ejemplo de la fruticultura, caminar hacia plantaciones de alta densidad, capaces de aprovechar mejor el suelo y la luz, y debidamente adaptada la forma y distribución de los árboles a una total mecanización de todas las operaciones de cultivo.*

*La recolección de la aceituna es la operación más exigente en mano de obra del cultivo del olivo, y como consecuencia, la que mayor influencia tiene en los costes de producción. Aproximadamente el 80% de la mano de obra que demanda anualmente una hectárea de olivar, es consumida por la recolección, alcanzando esta operación con frecuencia el 50% del valor de los frutos.*

*Por ello, desde un principio, la Estación de Olivicultura y luego el Departamento Nacional de Olivicultura y Elaiotecnia, en cooperación con otras dependencias del Ministerio de Agricultura, dedicaron la mayor parte de su esfuerzo a estudiar la posibilidad de mecanizar la recogida de la aceituna con el fin de abaratar su costo y mejorar las condiciones de trabajo de los obreros.*

*En varios concursos y demostraciones, realizados en diversos años y zonas olivareras, hubo ocasión de estudiar las máquinas existentes en el mercado o aquellas que la inventiva del hombre plasmó en prototipos con la que participar en el intento de mecanizar la recolección o algunas operaciones de ella. Incluso se ensayaron pulverizaciones de los árboles con numerosos productos de abscisión, que pretendían resolver el problema del derribo de los frutos por sí solos, o al menos mejorar la eficacia de las máquinas.*

*Consecuencia de estos trabajos fue el conocimiento real de los rendimientos y costos de cada una de las operaciones que comprende el conjunto de la recolección de la aceituna, y el de comprobar que de todo material mecánico presente en el mercado, únicamente los vibradores de troncos o ramas principales, podían proporcionar una solución válida para el derribo de las aceitunas.*



*También era evidente que para alcanzar dicha solución, quedaba un camino a recorrer en el doble sentido de adaptación del cultivo a la mecanización y una mejora de las máquinas, que provenían de otros sectores de la fruticultura, para acomodarlas a las características del olivo y su fruto.*

*Fue en este punto, cuando la llegada al Departamento de Olivicultura, del autor del presente libro, el Doctor Ingeniero Agrónomo, Andrés Porras Piedra, permitió realizar un gran avance por el camino de la mejora de la vibración para el derribo de las aceitunas, así como en las soluciones a la mecanización de las otras operaciones complementarias de la recolección.*

*Ha sido un gran acierto la idea de recoger en esta publicación el estado actual de los conocimientos y soluciones a la mecanización de la recogida de aceituna, que el autor expresa de manera sistemática y con todo rigor y detalle.*

*Tenga el lector la seguridad de que en el texto va a hallar las soluciones más adecuadas para la mecanización de esa fundamental operación del cultivo del olivo, que es la recogida de la aceituna en el conjunto de sus operaciones, tanto en el aspecto mecánico como económico, así como desde el punto de vista de dignificar el trabajo de la mano de obra, proporcionándole las mejores condiciones de comodidad en el trabajo y rendimiento en sus esfuerzos.*

*Como final es importante destacar que el lector tiene ante sí los resultados del trabajo desarrollado por un equipo de investigadores en el seno de varios proyectos de investigación, que financiados en definitiva por el contribuyente, han tenido como objetivo fundamental la resolución de problemas que el olivar y la sociedad tienen el derecho de exigir.*

*Córdoba, Junio 1987*

***José Humanes Guillén***

En general, la mecanización de un cultivo exige, además de una amplia base técnica, una elevada formación agronómica.

Con este trabajo, se han pretendido establecer en el cultivo del olivar, las bases socio-económicas, agronómicas y técnicas, que permitan la utilización racional de las máquinas disponibles para la recolección de aceituna, y que sin constituir, en el momento actual, un sistema óptimo de recogida de esta fruta, son un aporte significativo en el desarrollo tecnológico de un cultivo de tanta raigambre como es el olivar.

**El Autor**



## 1. INTRODUCCION. NECESIDAD Y JUSTIFICACION DE LA MECANIZACION DEL OLIVAR

Al hablar de olivar hay un t6pico que resulta inevitable, decir que Espa1a es el primer pa1s olivarero del mundo. De los 9 millones de has. del olivar mundial aproximadamente dos millones doscientas mil son espa1olas.

Esto supone que un 11'5% del campo espa1ol est1 dedicado a la olivicultura y del total de nuestro olivar el 60% de los olivos espa1oles se encuentran en Andaluc1a.

Pero, por ser el olivo un 1rbol de gran rusticidad, con un enorme poder de adaptaci3n y con un gran vigor, ha sido posible plantarlo a conveniencia del agricultor sin tener en cuenta muy a menudo los m1s elementales factores de producci3n.

Esta falta de atenci3n al olivar se compensaba en otros tiempos con elevados cuidados culturales como laboreo, poda, tratamientos, abonado y si era posible riego. En aquellos tiempos, con una mano de obra abundante y, sobre todo, barata, se pod1a hacer rentable cualquier olivar. Poco a poco, a medida que el desarrollo econ3mico ha ido avanzando, como puede observarse en el cuadro n.º 1, nuestra olivicultura ha evolucionado de forma que hoy se encuentra Espa1a con zonas de olivar marginal, obsoleto, sin los cuidados culturales precisos y con producciones tan bajas que los hacen inviables econ3micamente, pues los elevados costes de producci3n alcanzados en nuestros d1as solamente permiten la subsistencia de buenos olivares. Seg1n los m1s grandes expertos nacionales, con los precios actuales, s3lo unas 350.000 has. del olivar existente en nuestro pa1s son viables desde el punto de vista de rentabilidad, surgiendo por todo ello la actual situaci3n de la olivicultura espa1ola.

A1o	Indice precio aceite de oliva	Indice de salarios	Indice general precios percibidos agricult.
1964	100	100	100
1970	131,8	183,1	130,2
1974	236,3	353,9	183,9
1975	295,0	409,9	219,4
1976	260,9	527,6	241,7
1977	297,4	679,5	321,5
1978	355,3	873,7	357,0
1979	376,7	1.022,0	373,7
1980	420,3	1.153,9	387,9
1981	473,0	1.292,1	435,3
1982	554,1	1.413,4	513,4
1983	572,7	1.531,1	565,3

Cuadro 1.—Evoluci3n de 1ndices de precios y salarios.

Pero no es sólo el elevado coste de producción de la aceituna el único problema que afecta a nuestra olivicultura. A consecuencia de ello los precios del aceite de oliva y de la aceituna de mesa suben y, aunque estas subidas son en menor proporción que el coste de producción, la demanda de estos productos disminuye desplazándose el consumidor hacia los aceites de semillas, por ser más baratos ya que tienen costes de producción enormemente más reducidos, y ser cultivos totalmente mecanizables en la recolección y sin grandes necesidades de cuidados culturales.

También debido a la competencia creciente de otros países productores, a la presión internacional y a la alternancia de producciones, la exportación de aceite de oliva y de aceituna de mesa se hace difícil.

Ante este panorama de la olivicultura actual, la reducción de costes de producción, la reconversión y reestructuración agronómicas del olivar, una buena política de precios y una campaña publicitaria dirigida al consumidor haciéndoles tomar conciencia de las ventajas bromatológicas del aceite de oliva y de la aceituna de mesa, son totalmente necesarios para el mantenimiento de esta riqueza nacional.

Es evidente que una de las posibles formas de reducir los costes de producción es con la Mecanización, prueba de ello es el gran desarrollo que ésta ha experimentado en los últimos años, debido sin lugar a duda a que es imprescindible para aumentar la productividad agrícola y, por tanto, el nivel de vida de agricultores y de usuarios permitiendo a su vez una mayor comodidad para los operarios, y consecuentemente mayor calidad de vida.

Las tendencias actuales de la investigación en todos los cultivos están encaminadas en los países más avanzados hacia una mecanización integral, se tiende a un estado ideal en el que la mano de obra sólo se utilice para poner en marcha y controlar el funcionamiento de las máquinas.

La investigación en este campo es evidente que puede provocar y de hecho viene provocando, importantes innovaciones, ya que cualquier proceso de innovación, sobre todo tecnológica, origina en el medio que se aplica, cambios a veces tan profundos que pueden llegar a modificar incluso la estructura social.

Estas modificaciones están muchas veces acompañadas de dramas sociales, que llevan a cuestionar en muchos casos la conveniencia de los procesos innovadores que acompañan, en la mayoría de los casos, a la investigación que se realiza en maquinaria agrícola.

Sin detenerse demasiado a razonar, y con un pensamiento limitado y poco profundo, parecen ser las máquinas las causantes de las situaciones que durante

más de dos siglos han dividido, y continúan enfrentando a la humanidad causando la separación entre patronos y obreros con el consecuente deterioro de las relaciones sociales.

Pero si se tiene en cuenta que una máquina es un conjunto de mecanismos combinados para recibir una forma determinada de energía, transformarla y restituirla en otra apropiada, o bien, producir un efecto determinado, es evidente que estas pueden reducir, al menos en parte, al aporte del hombre a la energía total necesaria para que la humanidad pueda alcanzar la calidad de vida a la que el ser humano debe aspirar. Por tanto, el desarrollo de máquinas que, como indica su definición, permiten utilizar formas de energía disponibles en la naturaleza, y posibilitan la reducción del aporte del hombre mediante su trabajo físico a la energía total necesaria es lógicamente deseable. Con ellas, en un extremo utópico, podría alcanzarse un estado ideal en el que el hombre solo ejerciese trabajo intelectual, viéndose liberado de las formas embrutecedoras y deshumanizadoras del trabajo, y poniendo a la especie humana en condiciones favorables para su desarrollo cultural, lo que le acercaría a la denominada y deseable civilización de la cultura.

Si no ha venido ocurriendo así, es evidente que no ha sido por las máquinas en sí, sino por el espíritu injusto y egoísta que acompaña al hombre en un grado más elevado cuanto mayor es su incultura.

Las máquinas en sí son favorables para la especie humana, pero quedando claro que su uso debe ir acompañado de la concepción de modelos equilibrados de desarrollo que posibiliten su implantación, evitando los dramas sociales que se han venido observando en la agricultura, como los ocasionados no hace mucho tiempo por las cosechadoras de cereales y en nuestros días por las cosechadoras de algodón, remolacha, tomate, uva,...

Por todo lo expuesto, el autor, se define como un entusiasta defensor de la mecanización en todas las ramas de producción y estima, que gracias a ella nuestra civilización se acercará cada vez más al estado ideal de convivencia que es de esperar de una humanidad con elevada y completa formación.

## **2. NECESIDADES DE APOORTE ENERGETICO HUMANO DEL OLIVAR TRADICIONAL**

El estudio de las necesidades de trabajo físico que debe realizar el hombre en las diferentes faenas del cultivo del olivar puede permitir definir en cuales de ellas es más preciso actuar y dedicar una mayor atención.

Para ello, y partiendo de numerosas mediciones, fue elaborado por un grupo de estudiosos del olivar (Humanes, J. Herruzo, B. Ferreira, J.) el siguiente cuadro.

Faena	M e s e s												Totales
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	
Laboreo	2	—	—	—	3,2	3,0	3,0	2	2	2	—	—	17,2
Abonado	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—	—	—	—	2,0
Poda	—	—	—	—	4,0	6,5	—	—	—	—	—	—	10,5
Binas	3	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,5
Tratam.	—	—	—	—	1,0	1,3	2,3	1	—	—	—	1,3	6,9
Recol.	—	—	70,0	90,0	—	—	—	—	—	—	—	—	160,0
Transp.	—	—	1,3	1,6	0,5	—	—	—	—	—	—	—	3,4
Total	5	3,5	71,3	91,6	10,7	10,8	5,3	3	2	2	—	1,3	206,5

Cuadro 2: Distribución a lo largo del año de las necesidades de mano de obra del cultivo del olivar expresadas en horas de trabajo por ha.

De la observación del cuadro 2 se desprende que el 80% del total de mano de obra necesaria en el cultivo del olivar corresponde a la faena de la recolección, siendo además esta operación, junto con la de poda, las únicas donde cabría establecer una actuación, debido al bajo nivel de tecnología mecánica existente.

Lógicamente, y corroborando las tesis establecidas, una de las líneas de investigación a la que más medios dedican todos los países con interés en el olivar es la Recolección Mecanizada de Aceituna. España por su clara vocación olivarrera, ha destinado los últimos años algunos proyectos de investigación, que tratan de conseguir las innovaciones tecnológicas adecuadas para resolver mecánicamente la recogida de aceituna.

### 3. SISTEMAS DE RECOLECCION TRADICIONALES. CONCEPTOS PREVIOS

Antes, de pasar a exponer el estado actual de la mecanización, se va a comenzar dando una reseña breve de los sistemas de recolección tradicionales y de algunos de los conceptos necesarios, para una mejor comprensión de las motivaciones que han llevado a las soluciones que hoy pueden ser utilizadas en la olivicultura.

Destacan tres métodos fundamentales de recolección tradicional de aceituna:

- Recogida del suelo
- Ordeño
- Varco

El sistema de Recogida del suelo, consiste en esperar que los frutos caigan de una manera natural, a medida que maduran, y recogerlos posteriormente de una o varias pasadas. Este método es evidente que representa grandes inconvenientes en cuanto a calidad del aceite (excesiva acidez) y además una incidencia demasiado alta en el precio del producto, ya que es un trabajo de características ergonómicas (\*) tan negativas que los rendimientos de la mano de obra son excesivamente bajos como se observa en la figura 1 que se presenta más adelante.



*Foto nº 1. Sistema de recogida del suelo.*

(\*) Ergonomía es la ciencia que estudia el conjunto de técnicas que permiten aumentar la capacidad productiva y el grado de integración del hombre en el trabajo.

El sistema de Ordeño, es el único empleado en la recolección de aceituna de mesa, aunque es usado también en algunas comarcas para las aceitunas de aceite. El operario desde el suelo o con escaleras toma los frutos que deposita en un recipiente que lleva colgado al pecho. Una vez lleno lo vacía en un depósito o caja de unos 20-30 kgs. de capacidad, común para varios operarios. Si la aceituna es



para aceite, el ordeño es menos cuidadoso ya que no hay peligro de producir daños al fruto, por lo que las aceitunas se dejan caer sobre mallas o lienzos previamente extendidos en el suelo. El rendimiento de la mano de obra se aprecia en el gráfico n.º 1.



*Foto n.º 2. Sistema de Ordeño.*

El sistema de Vareo, es el método de recolección más extendido. El operario provisto de una vara, cuya longitud oscila según zonas desde 1 hasta 3 e incluso 4 metros, golpea los ramones del árbol procurando, cuando se hace bien, que el golpe incida lateralmente a las zonas fructíferas, con el fin de no causar daño en ellas; aunque a veces la cantidad de ramos del año existentes sobre el olivo, que deberán ser los portadores de los frutos de la cosecha del año siguiente, queda tan reducida (malos vareadores, frutos muy agarrados, variedades...), que la cosecha del año siguiente se puede ver seriamente afectada. Aunque el vareo no es causa fundamental puede asegurarse, que aumenta la tendencia natural del olivo a la vecería o alternancia en la producción. Para dar una idea clara, es posible cifrar la cantidad de brotes derribados en un 16% del peso de la cosecha; con

un vareo racional, y en variedades con alta resistencia del fruto al desprendimiento dicho porcentaje puede ser ampliamente superado llegando al 30 e incluso el 40%.



Foto n.º 3. Sistema de Vareo.

El fruto derribado se recoge en lienzos o mallas colocados bajo los árboles. Estas mallas se pliegan convenientemente y se vierte su contenido en cajas, sacos o espertas.

El rendimiento de la mano de obra en las distintas formas de recolección tradicionales puede obtenerse en el gráfico siguiente:

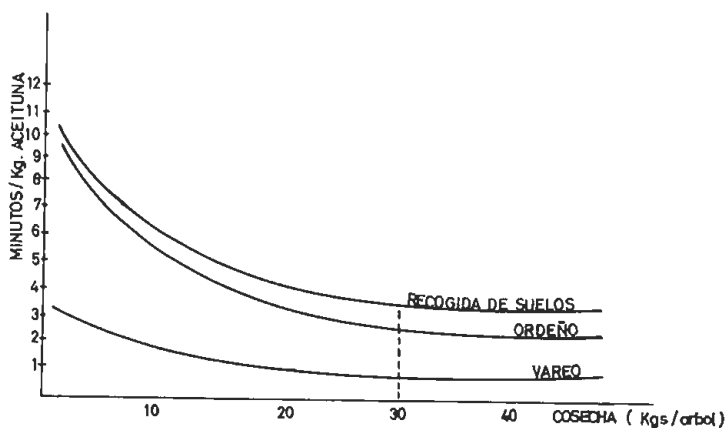


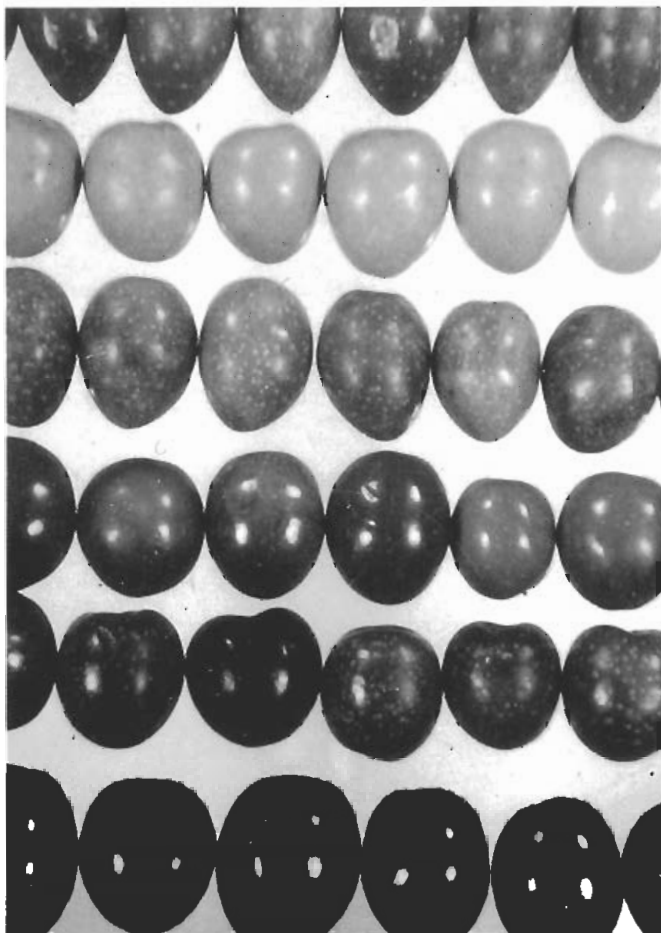
Figura n.º 1. Rendimiento de la mano de obra para diferentes sistemas de recogida del fruto en olivar tradicional.

La simple observación de las curvas anteriores pone en evidencia que el tiempo necesario para la recolección de un kg. de aceituna disminuye notablemente en relación directa con el aumento de producción, si bien dicha relación no es lineal sino que se ajusta a las curvas representadas.

#### 4. RECOLECCION. PERIODO OPTIMO

Conocidas las posibilidades que los diferentes sistemas de recolección tradicionales ofrecen, el primer problema que se plantea es el del momento óptimo de comenzar la recolección.

En la aceituna de verdeo la elección del momento es claro, y será cuando



la aceituna esté «en tamaño», como se dice utilizando la terminología olivera. En cambio, no es tan evidente en aceituna de molino.

Como se sabe, desde el cuajado, el fruto aumenta paulatinamente su tamaño. Partiendo de un color verde intenso, a principios de otoño evoluciona su color pasando a verde claro, después a verde amarillento, siguiendo con un verde enveado. A continuación empiezan a aparecer pequeñas manchas violáceas, principalmente en el ápice, que luego se extienden y terminan por ocupar todo el epicarpio.

Foto n° 4. Evolución del color de la aceituna durante la maduración.

Más adelante, el mesocarpio, que era de color blanquecino, comienza a teñirse igualmente de color violáceo a partir del epicarpio, penetrando finalmente hasta el hueso. Mientras tanto, el epicarpio ha ido cambiando de color violáceo hasta el violeta oscuro brillante, recubriéndose de una capa blanquecina de pruina. La intensidad del color negro, al final de la maduración, tanto en la pulpa como en la piel del fruto, es de tonalidades características propias para cada variedad de aceituna.

Se considera como período de maduración el tiempo transcurrido desde la aparición de las manchas violáceas hasta que se produce la coloración definitiva de piel y pulpa. En la mayoría de las variedades las transformaciones enunciadas no tienen lugar en todos los frutos de una planta al mismo tiempo, alcanzándose la maduración de manera escalonada.

El período de maduración es variable para cada cosecha, estando influenciado por condiciones climáticas, producción de los árboles y características varietales.

El primer factor que se estudia de los que afectan al momento óptimo de efectuar la recolección es la resistencia mecánica del pedúnculo de las aceitunas.

La resistencia al desprendimiento se mide por la fuerza necesaria para separar el fruto del pedúnculo, la cual en frutos aún verdes alcanza valores próximos a los 800-1000 gr., bajando de manera acusada durante el período de maduración, para permanecer prácticamente constante a continuación o bajar muy lentamente. A veces se presentan cambios bruscos en la resistencia, debidos a determinadas condiciones climáticas. Si el fruto permanece aún en el árbol en el momento de reactivarse la vegetación, se observa un ligero aumento de la resistencia al desprendimiento. En todo caso la característica varietal condiciona fundamentalmente la fuerza para conseguir el desprendimiento.

La figura 2, muestra los resultados de los ensayos efectuados para estudiar la evolución de la resistencia del pedúnculo, de dos de las variedades más extendidas en la olivicultura española. En los gráficos se pone de manifiesto claramente cuanto ha sido expuesto.

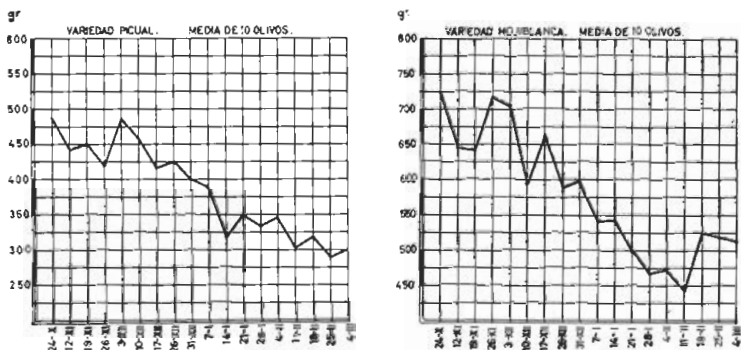


Figura n.º 2. Resistencia al desprendimiento de dos variedades de aceituna.

En la recolección manual la fuerza de desprendimiento incide de manera apreciable en el rendimiento de los operarios; en la recolección mecanizada, este factor tiene menos influencia, pues, la eficacia de las máquinas hasta ahora desarrolladas está más condicionada por la relación entre fuerza de desprendimiento y masa de los frutos. En la figura n3 se consignan los datos correspondientes a las variedades Hojiblanca y Picual a lo largo de todo su proceso de maduración. (Las variaciones no son importantes en el resto del período).

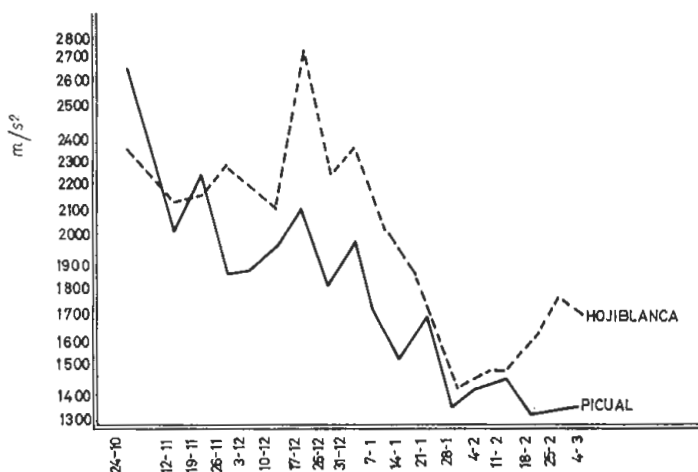


Figura N.º 3. Variación de la relación resistencia/masa del fruto durante el período de maduración de dos variedades de aceituna

Parece lógico pensar, si se tuviese sólo en cuenta el factor resistencia del pedúnculo, que debería aconsejarse retrasar el inicio de la recogida de la aceituna.

El segundo factor a tener en cuenta en la determinación del momento óptimo de realizar la recolección es el contenido graso de la aceituna y la calidad del aceite que se puede obtener. El contenido en aceite de los frutos aumenta a medida que avanza la maduración, alcanzando su máximo en el momento en que desaparecen los frutos verdes del árbol. A partir de este momento, el aceite permanece prácticamente constante. Es importante insistir que esto se refiere al aceite total contenido en el fruto, y no al porcentaje sobre el peso de aceituna. Este porcentaje aunque puede aumentar, es consecuencia de la pérdida de humedad en la pulpa y no de variaciones en el contenido graso, como muestran claramente de las figuras 4 y 5.

Es necesario tener en cuenta que la caída natural de aceituna depende fundamentalmente de la variedad, aunque se puede modificar por las condiciones cli-

máticas o el estado sanitario. En general, durante el período de maduración, la caída natural es pequeña, pudiendo alcanzar después importantes porcentajes de la cosecha, según se muestra en las figuras números 4 y 5.

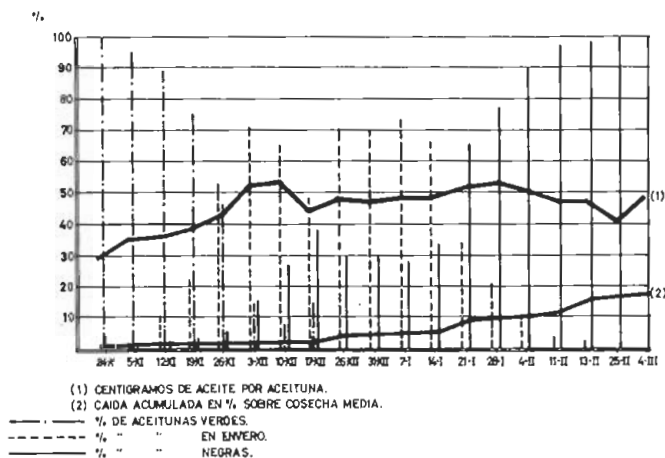


Figura nº 4. Evolución semanal de la caída natural y del contenido graso de los frutos de la variedad Hojiblanca durante el proceso de maduración.

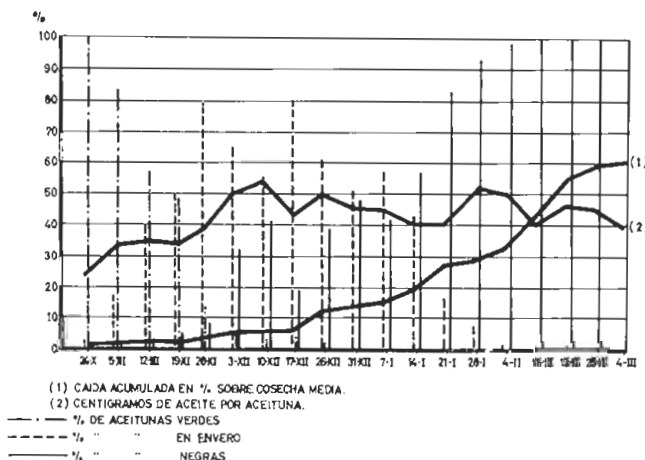


Figura nº 5. Evolución semanal de la caída natural y del contenido graso de los frutos de la variedad Picual durante el proceso de maduración.

La calidad de un aceite, concepto de elevado interés y complejidad, se estudia fundamentalmente en función de sus características organolépticas (aroma y sabor) y de sus índices físico-químicos (acidez, índice de peróxidos y K270).

En el proceso industrial de extracción del aceite de oliva pese a lo que se estima que sería recomendable, se realiza la molturación de la aceituna indiscri-

minadamente, sin separar la procedente del suelo de la obtenida directamente del árbol. Conforme avanza la maduración y debido al aumento de la cantidad de fruto en el suelo, la proporción de este en el total es cada vez mayor.

Las características organolépticas, de difícil cuantificación, es conocido que empeoran a medida que la recolección se retrasa, sabiéndose además que los aceites más afrutados y aromáticos se obtienen molturando aceitunas que están al comienzo de su período de maduración, incluso con un apreciable porcentaje de frutos verdes.

Los índices físico-químicos que definen la calidad de un aceite, acidez (expresada en gramos de ácido oleico), índice de peróxidos (expresado en microgramos de oxígeno activo por gramo de grasa), y transmisión a través del aceite de la radiación ultravioleta de 270 nanómetros de longitud de onda o K270, son perfectamente cuantificables con técnicas de laboratorio no excesivamente complicadas.

Es interesante significar que, para los análisis, la toma de muestras de aceituna, debe hacerse directamente del árbol, de frutos sanos, y que la extracción del aceite para determinar los índices enunciados, se realizará en condiciones que se podrían llamar ideales: Molienda en molino de rodillos, batido de la masa de aceituna a temperatura, que no sobrepase los 25° C y extracción mediante centrifugación en laboratorio.

Una vez hechas estas salvedades se puede afirmar que la acidez no varía sensiblemente con la maduración del fruto y otro tanto se puede decir del índice de peróxidos.

En cuanto al K270, se observa una tendencia decreciente de este índice conforme aumenta la madurez del fruto. Esto es lógico, si pensamos en la variación del color de las aceitunas, pasando de un verde intenso a una coloración amarillenta, teniendo pues estos aceites menor absorbancia a 270 nanómetros.

De todos son conocidas las alteraciones que se producen en el fruto caído al suelo y que permanece cierto tiempo en él, (hidrólisis de los ácidos grasos con elevación de acidez, fermentaciones en la pulpa por la acción de microorganismos, etc.). Estas alteraciones, lógicamente tiene reflejo en los aceites obtenidos de este tipo de frutos, con elevaciones en la acidez, en los peróxidos y en el K270.

Además, a mediados de diciembre para todas las variedades de aceituna los valores obtenidos de K270 son tales que con la normativa más exigente se pueden clasificar como vírgenes «extra», lo que unido a los razonamientos anteriormente expuestos, permite aconsejar no demorar en exceso el inicio de la recolección.

Finalmente, como tercer factor, la influencia que en la determinación del período óptimo de recolección tiene la producción del olivo al siguiente año.

Las experiencias realizadas a tal efecto, permiten afirmar que el porcentaje de yemas que evolucionan a flor dando lugar a una inflorescencia, disminuye a medida que se hace una recolección más tardía. En sentido contrario se da la evolución de las yemas ciegas y de las que producen madera; es decir, a medida que se retrasa la recolección hay más yemas ciegas y más que producen madera.

Por tanto, en los árboles recolectados al final de campaña es de esperar baja producción en la próxima cosecha y notable incremento de la vecería.

Es por ello que este factor también induce a realizar una recolección temprana.

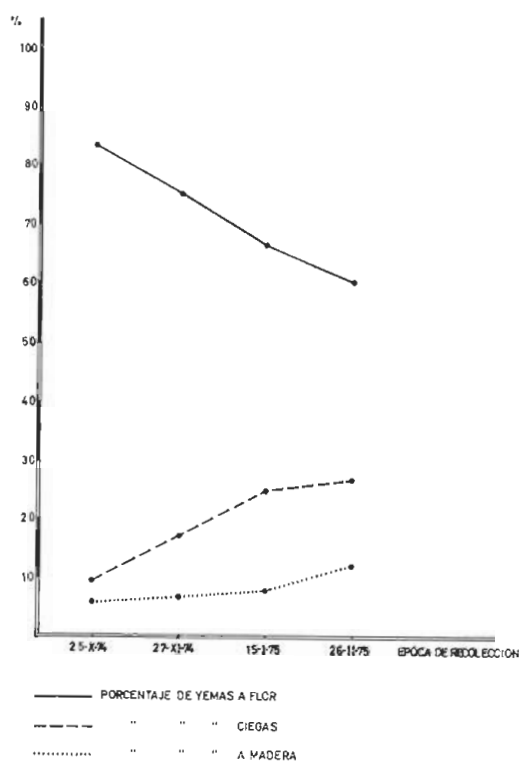


Figura nº 6. Influencia de la época de recolección sobre la evolución de las yemas.

Con todo lo expuesto, un método expedito cuantificativo para la determinación del período óptimo de recolección, teniendo en cuenta cuantas variables han sido consideradas, ha sido puesto a punto y es como sigue: Alrededor del olivo se hace un muestreo de frutos procurando coger aceitunas de diferentes alturas.



De la muestra escogida se separan al azar 100 unidades, las cuales se analizan y se agrupan según la siguiente escala. (Cuadro n.º 3)

Color de las aceitunas	Número	Valor
Verde intenso	a	0
Verde amarillento	b	1
Verde con manchas rojizas	c	2
Rojiza	d	3
Negra con pulpa entera blanca	e	4
Negra con pulpa morada sin llegar a la mitad	f	5
Negra con pulpa morada sin llegar hasta el hueso	g	6
Negra con pulpa morada en su totalidad	h	7

Cuadro n.º 3. Escala para obtención del índice de madurez.

Siendo, a, b, c, d, e, f, g, h el número de aceitunas de cada grupo y 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 sus coeficientes respectivos.

Se define por índice de madurez Im:

$$Im = \frac{a \cdot 0 + b \cdot 1 + c \cdot 2 + d \cdot 3 + e \cdot 4 + f \cdot 5 + g \cdot 6 + h \cdot 7}{100}$$

Evidentemente  $0 \leq Im \leq 7$

Si todos los frutos fuesen de color verde intenso, Im tendría valor 0, y si todos fuesen negros con pulpa morada en su totalidad, Im tendría valor 7. Pues bien, se estima que, salvo casos excepcionales, el momento óptimo de recolección se alcanza cuando Im tiene valores próximos a 5.

De cuanto se ha dicho y de forma muy simplificada se puede resumir que el comienzo de la recolección debe coincidir con el momento en que han desaparecido los frutos verdes del árbol, que es cuando prácticamente se ha alcanzado el máximo de aceite. Si se desea obtener aceites afrutados se podría adelantar la cosecha en algunos días, consiguiendo una mejor calidad, aunque se pierda una pequeña cantidad de aceite.

El final de la recolección debería coincidir con el momento en que la caída natural de la aceituna alcance un porcentaje que tenga una incidencia apreciable en los factores enunciados y en el coste total de la recolección.

## 5. FASES DE LA RECOLECCION. ANALISIS DE TIEMPOS

Los intentos de mecanizar la recogida de aceituna han sido y siguen siendo numerosísimos, pero las características culturales de la olivicultura española, con árboles de varios troncos, de uno solo, afrailados, en montaña, en llanura, grandes, pequeños..., ha impedido hasta el momento la consecución de una cosechadora integral de aceituna capaz de recoger a hecho, o sea, de una sola pasada, la aceituna y es por lo que, hasta ahora, ha sido preciso dividir el problema en partes que sean abordables más fácilmente. Ello ha obligado, para un uso más racional de los medios humanos y económicos disponibles, a efectuar un estudio previo de los tiempos necesarios en las diferentes faenas en que normalmente se divide la recolección, para determinar de forma clara y sin equívocos las prioridades que se deben establecer.

Con cualquiera de los métodos expuestos anteriormente (excepción hecha del sistema de «Recogida del suelo» método que sólo se justifica en olivos de excesivo volumen de copa), la recolección de la aceituna para aceite puede dividirse en las siguientes faenas:

- Preparación de suelos.
- Recogida del fruto caído naturalmente sobre el terreno.
- Derribo del fruto del árbol.
- Recepción del fruto derribado.
- Limpieza.
- Envasado, traslado y transporte.

En cuanto a la recolección de aceituna para mesa, esta puede dividirse en las siguientes faenas:

- Preparación de suelos.
- Colocación y traslado de escaleras.
- Ordeño e introducción simultánea del fruto en el recipiente.
- Traslado y envasado.

Es de destacar que, si bien, la preparación de suelos no es, una faena propia de la recolección, en la actualidad es una práctica que se realiza normalmente

por numerosos agricultores y cada vez se muestra más extendida. Su justificación es evidente con la simple observación del gráfico siguiente:

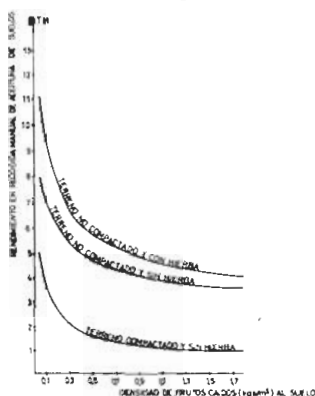


Figura nº 7. Influencia del sistema de mantenimiento del suelo sobre los costes de recolección manual de aceitunas caídas naturalmente al suelo.

En los cuadros 4 y 5, se exponen los tiempos de trabajo necesarios en las diferentes faenas de una recolección tradicional de aceituna para aceite y para mesa según diferentes cosechas por árbol. Considerando, en el caso de aceituna para molino, una caída natural de fruta del 8% en peso de la producción.

Faena	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg
Traslado de escaleras . . . . .	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Ordeño y llenado simultáneo de recipientes . . . . .	62	78,42	89,67	105,05	127,50	150,65
Traslado, limpia y envanado . . . . .	2,83	5,6	8,48	11,30	14,13	16,95
Total mcm T H/árbol . . . . .	77,18	96,37	110,50	128,70	153,98	179,95
Total mcm T H/kg	7,72	4,82	3,60	3,22	3,08	3,00

Cuadro nº 4. Tiempos de trabajo expresados en minutos necesarios para las diferentes faenas de la recolección de aceitunas para mesa con sistema tradicional de Ordeño, según productividad del árbol.

Del estudio de los dos cuadros anteriores (4 y 5), se desprende que para una cosecha media de 35 kg/árbol, los % del tiempo total necesario para la recolección manual de la producción de una ha. de cada una de las faenas en que se divide la recolección son los siguientes: (Cuadros 6 y 7)

Faena	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg
Recogida del fruto caído . . . . .	10,00	16,50	23,75	29,25	34,00	40,00
Colocar mallas . . . . .	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Recoger fruto mallas . . . . .	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Traslado mallas . . . . .	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Derribo con vareo	17,36	25,01	31,76	40,11	47,94	55,00
Separación ramón grueso . . . . .	0,97	1,38	2,75	5,03	8,05	11,83
Envasado para criba . . . . .	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60
Traslado a criba . . . . .	0,70	1,40	2,10	2,80	3,50	4,20
Limpia . . . . .	1,30	2,60	3,90	5,20	6,50	7,80
Ensamado . . . . .	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80
Peso . . . . .	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60
<hr/>						
Total, en mcm T H/árbol . . . . .	44,18	62,24	81,11	100,74	119,84	140,18
<hr/>						
Total, en mcm T H/ kg . . . . .	4,42	3,11	2,70	2,51	2,39	2,33

*Cuadro n.º 5. Tiempo de trabajo expresados en minutos necesarios para las diferentes faenas de la recolección de aceituna para aceite con sistema tradicional Vareo, según productividad del árbol.*

Faena	Porcentaje de tiempo
Recogida del fruto caído . . . . .	27-28%
Movimiento de mallas . . . . .	15-16%
Derribo . . . . .	39-40%
Traslado, limpia y envasado	15-16

*Cuadro n.º 6. % del tiempo total por ha. necesario en cada una de las faenas de recolección de aceituna para aceite con los sistemas tradicionales de vareo.*

Faena	Porcentaje de tiempo
Traslado de escaleras . . . . .	10 - 11%
Ordeño y llenado simultáneo de macacos . . . . .	81 - 82%
Traslado y envasado . . . . .	7 - 8%

*Cuadro n.º 7. % del tiempo total por ha. necesario en cada una de las faenas de recolección de aceituna para mesa con el sistema tradicional de Ordeño.*

Del análisis de los resultados expuestos en los cuadros 6 y 7 se establece que el orden de prioridades en la mecanización de las diferentes faenas de la recolección del olivar debe ser el siguiente:

- 1) Derribo del fruto.
- 2) Recogida de la aceituna caída naturalmente.
- 3) Recepción del fruto derribado.
- 4) Traslado, limpia y envasado.

## **6. VIBRADORES. MERCADO ESPAÑOL Y SUS CARACTERISTICAS TECNICAS**

Evidentemente, al ser la operación de derribo la que más tiempo necesita, es en ella en la que se han volcado investigadores y constructores de todos los países interesados en el olivar para encontrar la adecuada solución.

De la multitud de ideas aparecidas, y sobre las que sería posible editar un tratado, sólo los potentes vibradores de troncos y ramas del tipo multidireccional han sido acogidos por agricultores y técnicos como las máquinas que pueden solucionar esta, faena de cultivo de forma satisfactoria, tanto agronómica como económicamente.

El derribo de aceitunas por vibración, es una concepción completamente diferente a los sistemas manuales y desde hace algunos años se viene empleando con satisfacción en otros países, para la recolección de otras especies frutales.

Ensayos metódicos de recolección de aceituna mediante la vibración del árbol han conseguido eficacias de derribo superiores al 95% en parcelas de árboles homogéneos y con óptimas condiciones para la vibración. No obstante en traba-

jos normales de recolección en diversas fincas y con actuación sobre varios miles de plantas las eficacias conseguidas son mucho más bajas.

El número de pies vibrados por hora de trabajo es del orden de 50-60 o incluso más, lo cual depende de las características del cultivo como del vibrador.

El cuadro 8 muestra los resultados de una experiencia, realizada en 1974, de recolección de aceituna variedad Picual para aceite, con un vibrador comercial de tipo multidireccional en un olivar formado a tres pies por árbol.

Faena	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60kg
Recogida de suelos	10,00	16,50	23,75	29,25	34,00	40,00
Movimiento de mallas	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Vibrado	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Vareo para agotar árbol	2,39	4,63	6,60	8,45	10,11	11,55
Envasado, limpia, traslado, ensacado y peso	4,47	8,38	13,25	19,03	25,55	32,83
Envasado y peso	4,47	8,38	13,25	19,03	25,55	32,83
Total mcm TH/árbol	29,21	41,86	55,95	69,08	82,01	96,73
Total mcm TH/kg	2,92	2,09	1,87	1,73	1,64	1,61
Total mcm TV/kg	0,111	0,056	0,037	0,028	0,022	0,019

*Cuadro n.º8. Tiempos de trabajo expresados en minutos de ensayo de recolección de aceituna con vibrador (Eficacia media 90 %).*

A pesar de la baja adaptación del cultivo a la vibración (olivos de tres troncos, poda inadecuada...) y del uso en aquel tiempo de maquinaria no adaptada totalmente al olivo, (piénsese que en los comienzos las máquinas usadas en España eran americanas, diseñadas y construidas para almendros), la comparación de los resultados obtenidos con los cuadros 4 y 5, ya expuestos, puso en evidencia

las grandes posibilidades ofrecidas por los vibradores en la mecanización del derribo de la aceituna por lo que su estudio fue cometido con notable interés.

En esencia todas las máquinas vibratoras multidireccionales constan de dos partes claramente diferenciadas:

- Mecánica.
- Hidráulica.

La parte mecánica comprende los siguientes mecanismos:

- Vehículo de transporte.
- Sistema de anclaje al vehículo.
- Cabeza vibradora con:
  - Carcasa.
  - Sistema de transmisión de potencia.
  - Pinza con mecanismos de apertura y cierre.
  - Mecanismos de fijación al árbol:
    - Volteo.
    - Inclinación.
    - Elevación y descenso.

El gráfico de la figura nº 8, muestra de forma muy explícita los sistemas mecánicos esenciales de un vibrador.

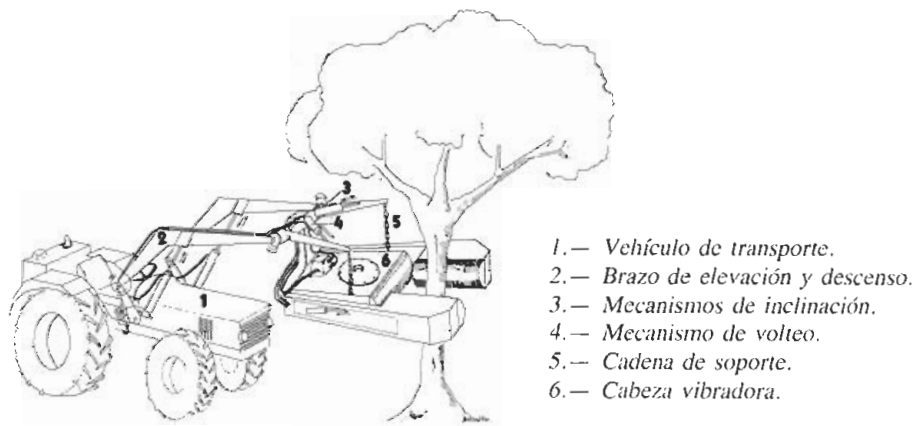


Figura nº 8.— Sistemas mecánicos de los vibradores.

En el mercado español hasta 1980 existían, según el orden de aparición, cuatro casas constructoras de maquinaria agrícola que fabricaban vibradores del tipo multidireccional:

- OMI.
- HALCON.
- AGRUIZ.
- INMECO.

Las cuatro firmas utilizan el mismo principio de funcionamiento, es decir, dos masas excéntricas girando en sentidos contrarios alrededor de un eje común. Estas masas soportadas por poleas, se intercambian para adaptarse a diferentes potencias motoras y condiciones de vibración.

La fuerza resultante del movimiento originado por el giro de ambas masas, es transmitida al árbol mediante los mecanismos que constituyen la pinza de la máquina, produciendo en el conjunto árbol-vibrador un movimiento, totalmente controlado, cuyas características se estudiarán más adelante.

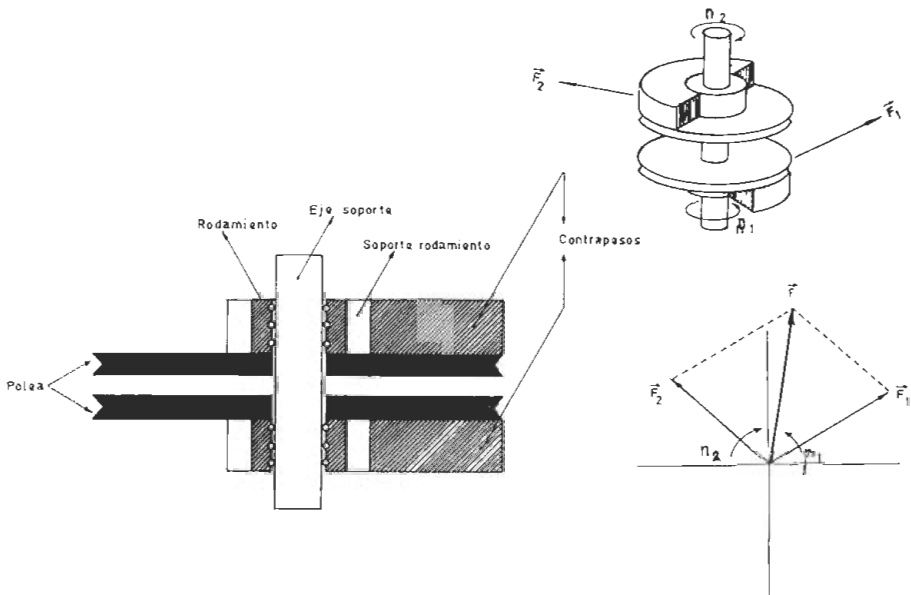


Figura n.º 9.— Masas excéntricas o contrapesos.

El accionamiento de las poleas soporte de contrapesos se consigue en todas las marcas españolas mediante correas planas o trapeciales, que transmiten la potencia desde uno o dos motores hidráulicos, cuyos detalles constructivos serán estudiados a continuación.



La vibración multidireccional la consiguen haciendo girar los contrapesos con velocidades angulares opuestas y distintas en valor absoluto; para ello, se utilizan poleas motoras y soporte de masas de inercia con los diámetros adecuados para la consecución del movimiento deseado.

El número de direcciones en las que se mueve el árbol durante la vibración queda determinado mediante la fórmula siguiente:

$$n = \frac{n1 + n2}{n1 - n2}$$

Siendo n = número de direcciones.

n1 = velocidad angular del contrapeso que gira más rápidamente.

n2 = velocidad angular del contrapeso más lento.

Un sencillo programa de ordenador en BASIC, que se da a continuación, representa gráficamente la vibración teórica multidireccional que se obtiene para diferentes combinaciones de masas de inercia, velocidades angulares y radios de inercia de los contrapesos.

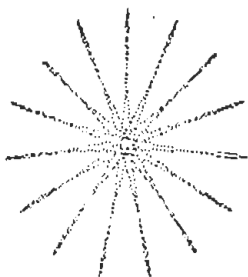
```

1 REM «vibración»
10 PRINT «masa 1 (Kg)»: INPUT m1: PRINT m1
30 PRINT «velocidad angular m1 (rpm)»
40 INPUT nm1: PRINT nm1
50 PRINT «radio de inercia m1 (cm)»
60 INPUT rm1: PRINT rm1
65 PRINT «
70 PRINT «masa 2 (Kg)»: INPUT m2: PRINT m2
90 PRINT «velocidad angular m2 (rpm)»
100 INPUT nm2: PRINT nm2
110 PRINT «radio de inercia m2 (cm)»
120 INPUT rm2: PRINT rm2
130 LET f1 = m1 * (((ABS nm1) * PI / 30) ^ 2) * rm1 ^ 10 (-2)
140 LET f2 = m2 * (((ABS nm2) * PI / 30) ^ 2) * rm2 ^ 10 (-2)
150 CLS
160 PRINT AT 0,1: m1
161 PRINT AT 1,1: nm1
162 PRINT AT 2,1: rm1
163 PRINT AT 0,25: m2
164 PRINT AT 1,25: nm2
165 PRINT AT 2,25: rm2
175 FOR t=0 TO 1 STEP .001
180 LET x=f1*COS (t*nm1*PI/30)+f2*COS (2*PI-t*nm2*PI/30)
185 IF t=0 THEN LET f=80/x)
190 LET y=f1*SIN (t*nm1*PI/30)+f2*SIN (2*PI-t*nm2*PI/30)
200 PLOT 125+x*f, 80+y*f
205 PLOT 125,80: PLOT 124,79: PLOT 126,79: PLOT 124,81: PLOT 126,81
210 NEXT t

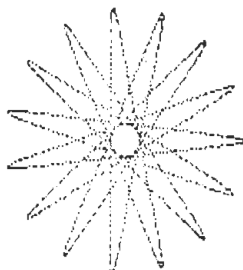
```

Los gráficos de la figura 10 se representan algunos de los diagramas de vibración teórica que se obtendrían con la combinación de masas, radios y velocidades que en ellos se expresan.

$m_1 = 33$   
 $n_1 = 1600$   
 $r_1 = 15$



$m_2 = 47$      $m_1 = 30$   
 $n_2 = 1400$     $m_1 = 1600$   
 $r_2 = 15$       $r_1 = 15$



$m_2 = 50$   
 $n_2 = 1400$   
 $r_2 = 15$

$m_1 = 19$   
 $n_1 = 1600$   
 $r_1 = 15$

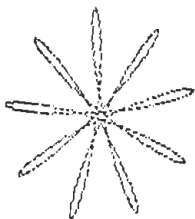


$m_2 = 61$      $m_1 = 17$   
 $n_2 = 1200$     $m_1 = 1600$   
 $r_2 = 15$       $r_1 = 15$

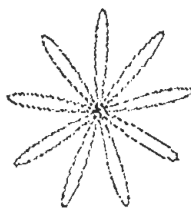


$m_2 = 63$   
 $n_2 = 1200$   
 $r_2 = 15$

$m_1 = 30$   
 $n_1 = 1500$   
 $r_1 = 15$



$m_2 = 50$      $m_1 = 30$   
 $n_2 = 1200$     $m_1 = 1500$   
 $r_2 = 15$       $r_1 = 14$



$m_2 = 50$   
 $n_2 = 1200$   
 $r_2 = 14$

Figura n.º 10.—Diagramas teóricos de vibración.

El polígono estrellado de vibración, puede observarse en la cabeza vibradora mirando un punto de ella durante la vibración, el cual se moverá con una trayectoria muy semejante a las curvas obtenidas analíticamente.

Existe la posibilidad de utilizar el diagrama de vibración para obtener una valiosa información del funcionamiento de la máquina.

Para ello se fija sobre la cabeza vibradora una banda de papel. Sobre dicha banda, y midiendo el tiempo de duración del trazado, se dibuja una línea recta sobre el papel, con el vibrador en movimiento.

Debido a las sacudidas de la máquina, en el papel aparecerá una gráfica semejante a la que se presenta a continuación.



Figura n.º 11.— Diagrama de vibración.

Los vértices de la curva indicarán los puntos del polígono estrellado que coinciden con los valores máximos de la fuerza centrífuga originada por el giro de los contrapesos, que son las puntas en el polígono de vibración.

Por tanto cada vértice representa uno de los instantes en que los contrapesos se superponen; de ahí que midiendo el tiempo que dura el trazado de la línea, y contando el número de vértices que aparecen en el trazado, se pueda determinar la velocidad angular media de los contrapesos y, por tanto, la frecuencia de la vibración originada por el vibrador.

El método de cálculo es como se expone a continuación.

Sea  $t$  el tiempo en segundos durante el cual se ha realizado el trazado de la línea sobre el papel, previamente colocado fijo sobre la cabeza vibradora y situado cercano al eje soporte de contrapesos; sea  $n$  el número de ciclos completos obtenidos al terminar el trazado.

La aparición de un vértice significa que entre ambos contrapesos han completado una vuelta, por lo que, sin gran error, se puede considerar que cada uno ha dado medio giro, por lo que la observación de  $n$  vértices implica que cada masa de inercia ha realizado  $n/2$  vueltas completas. Si el número de ciclos medidos es  $p$ , ello significa que, en el tiempo  $t$ , cada contrapeso ha dado  $p \cdot n/2$  revoluciones, por lo que la velocidad angular media de los contrapesos vendrá dada por la fórmula:

$$\bar{w} = 30 \cdot \frac{p \cdot n}{t} \text{ r.p.m.}$$

Un sencillo ejemplo, aclarará el método de cálculo expuesto.

El siguiente diagrama es de un vibrador real y ha sido obtenido dibujando una línea cuyo trazado ha durado un tiempo  $t = 2'6$  segundos. El número de vértices de cada ciclo ha sido de  $n = 15$ , y el número de ciclos en el tiempo de dibujo ha sido de  $p = 8$ .



Figura n.º 12.— Diagrama de vibración real.

Aplicando la fórmula anterior, se obtiene  $\bar{w} = 1385$  r.p.m.

El estudio de este diagrama ofrece además posibilidades de control del funcionamiento de la cabeza vibradora, pues un gráfico obtenido con la máquina trabajando correctamente puede servir para compararlo con otro obtenido en un instante cualquiera e indicar, si son diferentes, anomalías en el funcionamiento, que pueden ser debidas a la transmisión desde el motor hidrostático hasta los contrapesos; bien por la falta de tensión en las correas, lo que origina deslizamiento de la correa sobre la polea, por la rotura de rodamientos, a problemas en el equipo hidráulico...

Además, la distancia de vértice a vértice, medida en la posición en que están colocadas perpendicularmente a la dirección del trazado, nos indica la amplitud de la vibración, la cual puede ser usada como un claro indicador de la masa equivalente del árbol vibrado.

Los siguientes diagramas, han sido obtenidos en un vibrador al que se le ha ido añadiendo masa en sus poleas soporte de contrapesos, y muestran claramente, las variaciones que, en la vibración originada por la máquina, produce el cambio de contrapesos.

1) Masas de inercia: 2 x 15 Kg.

Amplitud de vibración:  
8 mm.  
24 vértices



2) Masas de inercia: 2 x 25 Kg.

Amplitud de vibración  
12 mm.  
24 vértices



Masa de inercia: 2 x 40 Kg.

Amplitud de vibración:  
21 mm.  
24 vértices



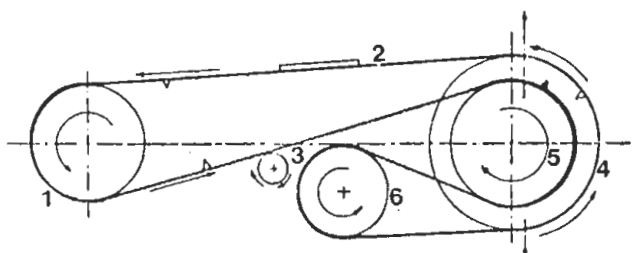
Figura n.º 13.— Diagramas de vibración para diferentes masas de inercia.

Como se dijo anteriormente las masas de inercia giran en sentidos contrarios. La forma de invertir el giro de las poleas soportes de contrapesos es muy variada por ser este un problema mecánico de importancia que se presenta a los fabricantes, y es por ello que existen, para cada firma, patentes que protegen las ideas de cada constructor.



Foto n.º 5.— Vibrador OMI.

Así, la casa OMI (gráfico n.º 18) utiliza un solo motor y una correa trapecial única para las dos poleas soporte de contrapesos cuyo sistema de montaje es el que se presenta en el esquema de la figura n.º 14.



1. Polea motora.
2. Guía de placa metálica.
3. Guía de polea.
4. Polea soporte contrapeso de sección trapecial.
5. Polea soporte contrapeso de sección plana en acanaladura.
6. Polea inversora.

Figura n.º 14.— Sistema de accionamiento OMI.

Este sistema de accionamiento puede, por sus características, presentar algunos inconvenientes como son:

— Posible rotura de correas por trabajar ambas caras sin estar las correas normalmente concebidas y preparadas para ello y por exceso de rozamiento en los bordes de las poleas dada la falta de alineación, al no trabajar en una superficie plana.

— Probable escape de correas, debido a que están sometidas a cambios de dirección, al pasar en su trayectoria de un plano a otro paralelo.

Pero también presenta la notable ventaja de un cambio o montaje de correa sin necesidad de desmontar los contrapesos de la cabeza vibradora, lo cual facilita notablemente este trabajo.



Foto nº 6.— Vibrador<sup>4</sup> HALCON. Modelo 75.

La casa HALCON accionaba, en un principio, los contrapesos con sendas correas y dos motores hidrostáticos colocados en paralelo, girando con sentidos contrarios; de esta forma evita problemas en la instalación. Sin embargo en este tipo de accionamientos surgió un nuevo problema, quizás más grave que el anterior, que fue la pérdida de control de la deseable multidireccional en la vibración,

lo que puede ocasionar disminución de la eficacia de derribo. El esquema de montaje utilizado en su modelo EM-75 es el que se indica en la figura 15.

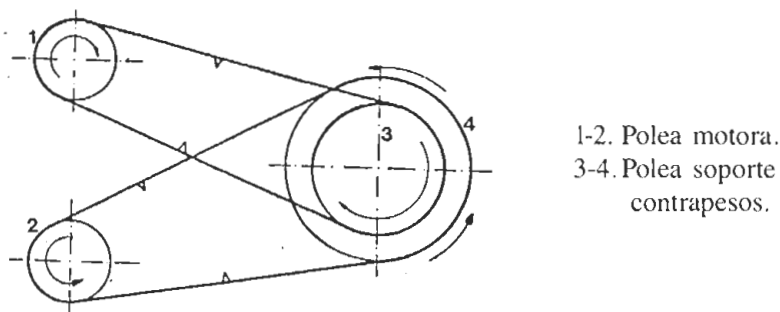


Figura n.º 15.— Sistema de accionamiento HALCON EM-75.

Este problema de vibración incontrolada, lo ha solucionado la propia casa HALCON lanzando al mercado un nuevo modelo con una sola correa de sección exagonal y una polea motriz sobre la que se coloca una polea loca, según se indica en el gráfico n.º 23.



Foto n.º 7.— Vibrador HALCON, Modelo 79.

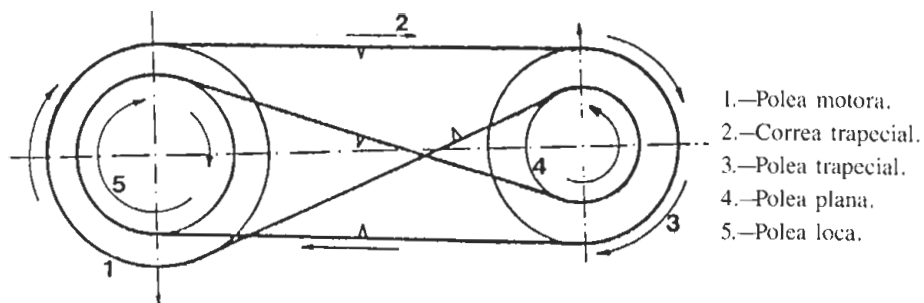


Figura n.º 16.— Sistema de accionamiento HALCON.

Este sistema de accionamiento de contrapesos, que, es una simplificación del sistema expuesto anteriormente, no evita en las correas todos los problemas que ocasiona dicho sistema, pero los reduce porque utiliza correas de sección exagonal.



Foto n.º 8.— Vibrador AGRUIZ con montaje lateral y longitudinal.



Foto n.º 9.— Vibrador AGRUIZ con montaje longitudinal.





Foto n.º 10.— Vibrador AGRUIZ. Colocado sobre remolque.

La firma AGRUIZ resuelve la inversión en el sentido de giro utilizando un solo motor hidrostático que acciona una polea plana doble y con dos correas planas; una de ellas cruzada, según se indica en la figura n.º 17 invierte el sentido de giro de los contrapesos.

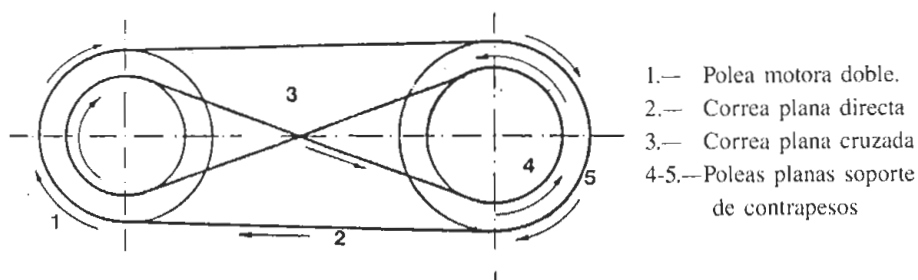


Figura n.º 17.— Sistema de accionamiento AGRUIZ.

Este sistema de accionamiento puede presentar los siguientes problemas:

— Distinta tensión en ambas correas lo que origina un mal control de la multidireccional de vibración por producirse diferente deslizamiento entre ellas y las poleas soporte de contrapesos.

— Necesidad de desmontar las poleas motrices y soportes de contrapesos en caso de rotura de correas.



Foto n.º 11.— Vibrador INMECO.

La casa INMECO apareció en el mercado nacional utilizando dos motores hidráulicos colocados en serie para accionamiento de contrapesos y una correa del tipo trapecial para cada uno, montados según el esquema de la figura n.º 18.

Al ir montados en serie los motores hidrostáticos la multidireccionalidad ofrecía mejores características que la obtenida con motores colocados en paralelo, pero al tener estos un rendimiento volumétrico no constante, el control de la vibración no era total.

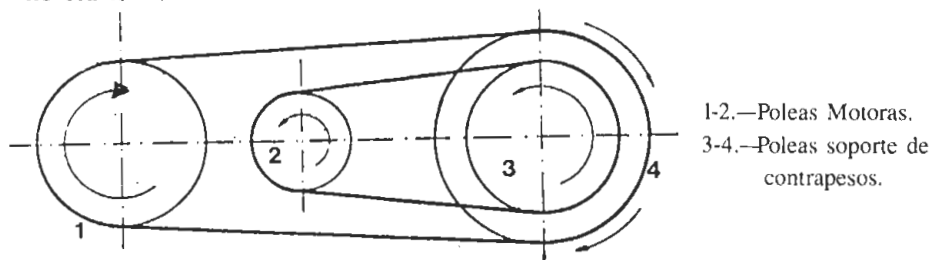


Figura n.º 18.— Sistema de accionamiento INMECO.

Ante el problema de falta de control de la multidireccionalidad en la vibración ocasionado por el uso de dos motores hidráulicos esta firma adoptó una solución, cuyo esquema es el que se presenta en la figura n.º 19, con la que consiguió la sincronización de la velocidad angular de los dos motores, y por tanto, controlar la multidireccionalidad de la vibración.

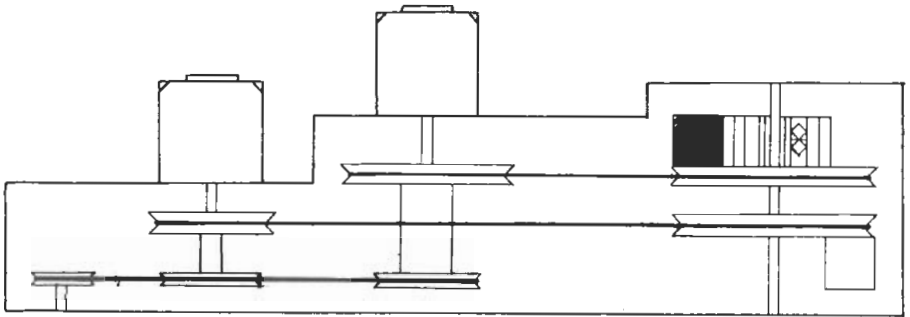


Figura n.º 19.— Sistema modificado de accionamiento INMECO.

Las poleas 4, 5, 6, 7 funcionan como se indicó anteriormente, pero las (4) y (5) están sincronizadas gracias a la acción de las (1), (2) y (3) según se indica en la perspectiva presentaba en la figura n.º 20.

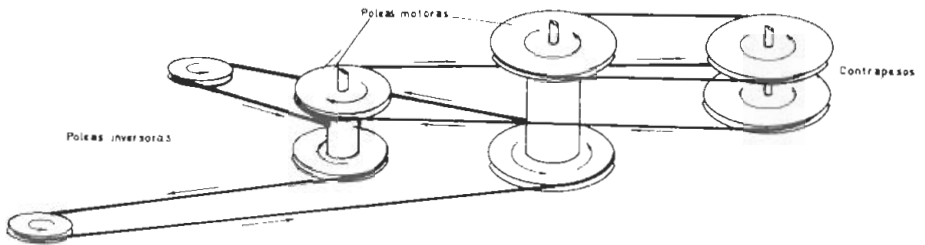


Figura n.º 20.— Perspectiva del sistema modificado de accionamiento INMECO.

Una parte de gran importancia en los vibradores es la pinza de agarre de la cabeza al árbol para transmitirle la vibración originada por el giro de las masas de inercia. Todas son, como se puede observar en los gráficos expuestos, muy parecidas. En ellas lo más importante son las características constructivas de los cojines de contacto con el árbol. La firma OMI usa un cilindro hueco relleno de material plástico (antiguamente de hueso de aceituna machacado). Este cilindro, además de adaptarse perfectamente al tronco, al hacer el aprieto se deforma y las partículas de relleno fluyen y hacen que la superficie de contacto con el tronco

a la rama sea grande, con lo que se reduce la presión específica ejercida por el vibrador. Es por ello que los daños producidos a la corteza se reducen, originando además un amortiguamiento menor que los bloques de caucho comúnmente montados por AGRUIZ, HALCON e INMECO, transmitiéndose mejor la vibración, lo que redonda en una más elevada eficacia en la máquina vibradora. El inconveniente de estos cojines es su elevado precio y su reducida longevidad.

En el sistema usado por HALCON los bloques de caucho tienen poco espesor y ofrecen una superficie de contacto pequeña por lo que el daño a la corteza de los troncos puede ser más frecuente sobre todo si se trata de vibrar olivos de troncos y ramas poco lignificados.

El equipo hidráulico de todos los vibradores nacionales y extranjeros es muy parecido y su esquema ISO/CETOP es el que se expone a continuación en la figura n.º 21.

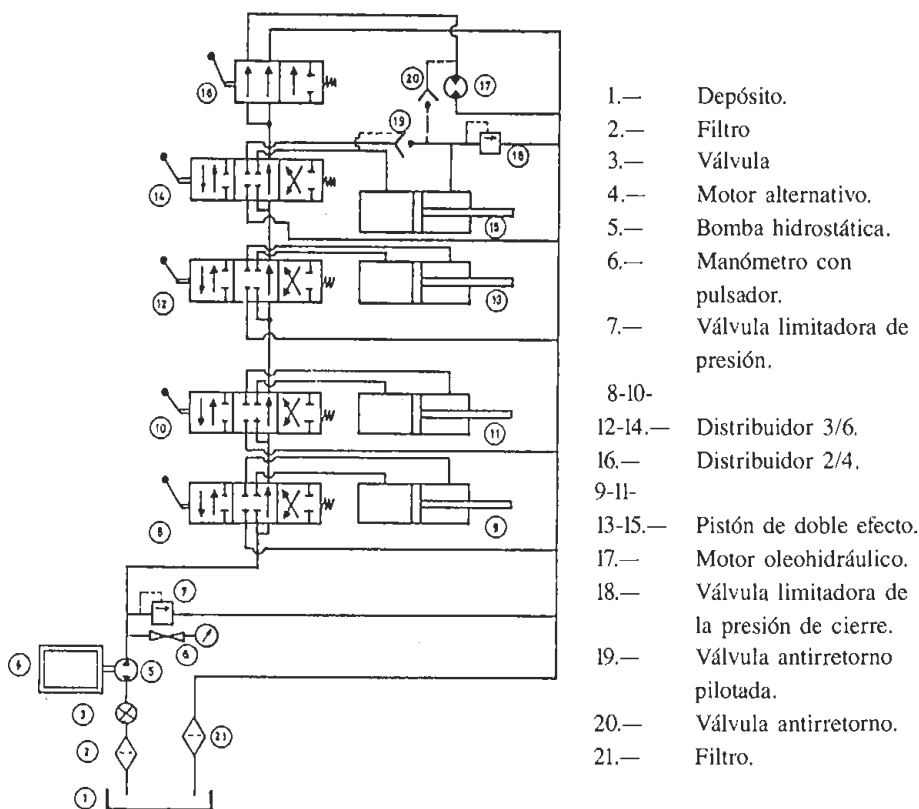


Figura n.º 21.— Esquema general ISO-CETOP del circuito hidráulico de un vibrador multidireccional.

El funcionamiento de la cabeza vibradora se obtiene por la combinación de los sistemas hidráulico y mecánico y es del siguiente modo:

El aceite contenido en el depósito (1), el cual debe tener una capacidad mínima en litros de 1'5-2 veces el caudal aspirado de la bomba (5) expresado en l/min, es aspirado a través del filtro (2) (normalmente colocado en el interior del depósito) y de la llave de paso (3) (que se usa para aislar el circuito), por la bomba (5), la cual es accionada por el motor alternativo (4). Esta bomba envía un caudal de Ql/min a una presión máxima regulada por la válvula limitadora y de seguridad (7) y controlada con el manómetro (6), hacia el grupo de distribuidores. El funcionamiento del grupo de distribuidores es como se expone en el siguiente ejemplo: El distribuidor (8), del tipo manual 6/3 \*, en la posición neutra, permite el paso libre de aceite a través de él sin que el circuito adquiera más presión que la debida a las pérdidas de carga. Accionando la palanca de manejo, la vía de paso libre se cierra y se abren las vías que, en la llamada posición neutra, estaban cerradas, haciendo salir el pistón; la palanca entonces envía el aceite en sentido contrario y el movimiento del pistón se invierte.

Idénticos son los funcionamientos de los distribuidores (10), (12) y (14) que sirven para conseguir los movimientos de inclinación, volteo y apertura y cierre de pinza. Como se ve en el esquema, en la impulsión del cilindro (15) existe una válvula antirretorno pilotada (19) que evita la apertura y el trabajo del distribuidor durante la vibración. Así mismo se coloca un pilotaje con antirretorno (20) que tiene como misión evitar daños en la corteza y ruidos, ya que, por él se rellena el cilindro de cierre durante la vibración, pues del aceite que se dirige al motor, un pequeño volumen se deriva por el pilotaje hacia el pistón.

Por último, el distribuidor (16) del tipo manual 4/2, en la posición neutra, permite que el aceite pase por él libremente, llenando sin presión la tubería que va al motor hidráulico para evitar golpes de ariete y circulando por las tuberías de retorno hasta el depósito (1). Accionando la palanca de manejo, la vía de paso libre es cortada y el aceite es desviado por el conducto correspondiente a accionar el motor (17). Dicho motor transmite su giro a los contrapesos con cualquiera de los métodos de transmisión de potencia descritos, originándose así la vibración.

Las características fundamentales del equipo hidráulico usado por los fabricantes españoles se indican en el cuadro 9, si bien es de significar que la tendencia actual está dirigida a aumentar las cilindradas en motores y bombas.

Firma	Marca	Q l/min	Bomba		Motor		
			P max kg/cm <sup>2</sup> aconsejada	Tipo	N. <sup>o</sup> de uds.	Cilindrada cm <sup>3</sup>	Tipo
OMI	Vickers	120	150	Paletas	1	— 60	Paletas
HALCON	Vickers	120	150	Paletas	1 ó 2	— 60	Paletas
AGRUIZ	Roquet	130	140	Engranajes	1	45	Engranajes
INMECO	Vickers	140	150	Paletas	2	80	Paletas

*Cuadro 9. Características del equipo hidráulico de los vibradores nacionales.*

(\*) Un distribuidor 6/3 tiene seis vías de circulación del aceite y tres posiciones.

Como detalle de información complementaria es interesante señalar que la firma AGRUIZ coloca una bomba suplementaria, utilizada exclusivamente para los movimientos, lo cual es una gran ventaja técnica, pues, aunque encarece el coste del equipo hidráulico, evita el calentamiento de aceite y no somete al motor del tractor a sobrecargas durante los movimientos.

## **7. CARACTERÍSTICAS DE LA VIBRACION PRODUCIDA POR LOS VIBRADORES**

Un sistema óptimo de derribo del fruto es aquel que produce un elevado % de caída de aceituna, en un tiempo mínimo, con una potencia reducida y que además no causa daños en el olivo.

Durante los últimos años se ha dedicado una gran atención, tanto en España, como en el extranjero (EE.UU. e Italia), a la relación frecuencia-amplitud-lugar de colocación del vibrador en el árbol, con el porcentaje de fruto derribado, y también al estudio de la transmisión de la vibración en el árbol y al sistema fruto-pedúnculo.

Aunque de gran importancia, estos estudios no son suficientes, pues no basta entender y conocer la relación entre las características de la vibración y las propiedades físicas del sistema vibrante árbol-cabeza vibradora, para poder construir una máquina vibradora que constituya un sistema óptimo de derribo de la aceituna. Consecuentemente un análisis de la respuesta de los olivos a las vibraciones

en ellos producidas por los vibradores multidireccionales provistos de contrapesos o masas de inercia extendidos entre los olivaderos, puede ofrecer un camino de perfeccionamiento y puede acercar estas máquinas hacia el grado de avance tecnológico deseable.

La fuerza resultante del movimiento de las masas de inercia, es transmitida al árbol mediante los mecanismos de amarre que constituyen la ya mencionada pinza de la máquina, produciendo en el conjunto árbol-vibrador un movimiento controlado cuyos parámetros característicos se estudian teóricamente a continuación.

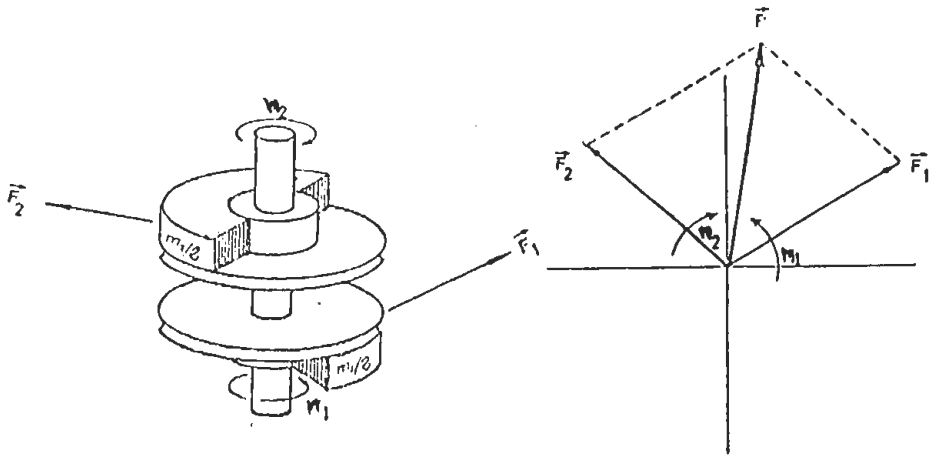


Figura n.º 22.—Fuerzas generadas por los contrapesos.

La fuerza  $F$  generada por el movimiento de las masas viene expresada por las siguientes ecuaciones:

$$\vec{F} = 0.5 m_1 n_1^2 r_1 (\cos n_1 t + i \operatorname{sen} n_1 t) + 0.5 m_2 n_2^2 r_2 (\cos n_2 t + i \operatorname{sen} n_2 t)$$

Teniendo en cuenta que en los modelos comerciales:

$m_1/2 \cong m_2/2 = m/2$  y  $r_1 \cong r_2 = r$ , se obtiene que:

$$\vec{F} = 0.5 mr (n_1^2 \cos n_1 t + n_2^2 \cos n_2 t) + i(n_1^2 \operatorname{sen} n_1 t + n_2^2 \operatorname{sen} n_2 t)$$

Ecuación de la que se obtienen las componentes de  $\vec{F}$  según los ejes cartesianos:

$$\vec{F}_x = 0.5 mr (n_1^2 \cos n_1 t + n_2^2 \cos n_2 t)$$

$$\vec{F}_y = 0.5 mr (n_1^2 \operatorname{sen} n_1 t + n_2^2 \operatorname{sen} n_2 t)$$

Aplicando  $\vec{F}$  al tronco de un árbol y teniendo en cuenta el principio de D'Alembert sobre el modelo de Kelvin para determinar el comportamiento a la vibración de materiales viscoelásticos, se obtienen las siguientes ecuaciones diferenciales:

$$Kx + C\dot{x} + M\ddot{x} = 0.5 mr (n_1^2 \cos n_1 t + n_2^2 \cos n_2 t)$$

$$Ky + C\dot{y} + M\ddot{y} = 0.5 mr (n_1^2 \sin n_1 t + n_2^2 \sin n_2 t)$$

dado que en los vibradores  $n_1 / \cong n_2 /$ , la ecuación del movimiento se puede, sin error importante reducir a:

$$Kx + C\dot{x} + M\ddot{x} = m n^2 r \cos nt \quad (I)$$

Esta ecuación diferencial tienen como solución general:

$$x = S/2 \cdot \cos (nt - \alpha)$$

Por lo que:

$$x = S/2 (\cos nt \cos \alpha + \sin nt \sin \alpha)$$

$$\dot{x} = -n S/2 (\sin nt \cos \alpha + \sin \alpha \cos nt)$$

$$\ddot{x} = -n^2 S/2 (\cos nt + \cos \alpha + \sin nt \sin \alpha)$$

Sustituyendo en (I) se obtiene el sistema de ecuaciones:

$$K \cos \alpha + Cn \sin \alpha - Mn^2 \cos \alpha = \frac{2mn^2 r}{S} \quad (II)$$

$$K \sin \alpha + Cn \cos \alpha - Mn^2 \sin \alpha = 0 \quad (III)$$

$$\text{De (III) } \text{tg } \alpha = \frac{C n}{K - Mn^2}$$

y sustituyendo en (II) se llega a que:

$$S = \frac{2 m n^2 r}{\sqrt{(K - Mn^2)^2 + C^2 n^2}} \quad (IV)$$

Ecuación en la que:

S = amplitud de vibración.

K = coeficiente de elasticidad del árbol.

C = coeficiente de amortiguamiento.



$M$  = masa total de inercia del sistema vibrante.

$r$  = radio de inercia de contrapesos.

$n$  = velocidad angular de contrapesos.

De (IV) se deduce que en unas determinadas condiciones de vibración producidas por una máquina de características conocidas, es decir:  $m$ ,  $n$  y  $r$  dados, la amplitud del movimiento es una función de la forma:

$$S = \psi (K, M, C)$$

Teniendo en cuenta que:

$$K = \frac{3 E I}{l^3} \quad \text{y que} \quad I = \frac{\pi d^4}{64}$$

Se obtiene que:

$$K = \frac{3 \pi}{64} \cdot E \cdot \frac{d^4}{l^3} \quad (\text{V})$$

Siendo:

$E$  = módulo de elasticidad del sistema.

$d$  = diámetro del tronco.

$l$  = altura de agarre.

Por otra parte estudiando la función (IV) para diferentes valores de  $n$ , se puede demostrar analíticamente que dicha expresión presenta un máximo para el valor  $n = n_0$  definido por:

$$n_0 = \sqrt{\frac{2 K^2}{2 KM - C^2}}$$

De donde despejando se tiene que  $M$  viene dada por la expresión:

$$M = \frac{2K^2 + n_0^2 C^2}{2 K n_0^2} \quad (\text{VI})$$

Siendo:

$n_0$  = frecuencia natural de vibración del sistema.

El valor de  $n_0$  es fácilmente cuantificable, para ello, hay que vibrar el árbol con incrementos pequeños de  $n$  midiendo su valor para la amplitud de vibración máxima.

Sustituyendo en (IV) las expresiones (V) y (VI) se deduce que  $S = f(E, C)$ , que significa que la amplitud de la vibración es, lógicamente, función del módulo de elasticidad y coeficiente de amortiguamiento del sistema vibrante árbol-cabeza vibradora.

E y C son denominados parámetros característicos del sistema vibrante y su conocimiento permite definir de forma cuantitativa los valores de amplitud y aceleración de la vibración dados por las expresiones:

$$\text{Amplitud} = \frac{2 m n^2 R}{\sqrt{(K - Mn^2)^2 + C^2 n^2}}$$

$$\text{Aceleración} = -n^2 \cdot S/2 \cdot (\cos nt \cos \alpha + \text{sen } nt \text{ sen } \alpha)$$

Hasta ahora, sólo algunos estudios han tratado de cuantificar los valores de E y C en algunas especies vegetales, pero, en el caso del olivar, han estado limitados a ramas cortadas fijadas en basamientos especiales y sin la carga de la cabeza vibradora, condiciones que modifican substancialmente las características reales del sistema vibrante.

Por todo ello, y para poder cuantificar los parámetros E y C de forma rápida y precisa, es por lo que se ha desarrollado el método expeditivo que se expone a continuación.

Se realizó un trabajo de investigación consistente en la medida experimental y el análisis posterior de las características de la vibración, frecuencia, amplitud y aceleración producidas en olivos por un vibrador multidireccional colocado en el tronco.

Se utilizó el siguiente equipo:

—Captador piezo-eléctrico:

- \* Modelo 233 E-Endevco.
- \* Sensibilidad de carga 60'9 pC/g.
- \* Capacitancia 1217 pF.
- \* Sensibilidad transversal 2'5% Máx.

—Cable 3090 A sw 301 pF de capacitancia.

—Monitor de vibración:

- \* Modelo 1610-UNHOLTZ-DICKIE CORP.
- \* Sensibilidad de transductores desde 1 a 100 pC o mv/g.
- \* Entradas en modo de carga y a modo de voltaje.
- \* Integra la señal de entrada y da salidas que corresponden a amplitud, velocidad y aceleración.
- \* Respuesta desde 5 KHz con errores de + 3% en amplitud y velocidad y + 2% en aceleración.

— Oscilógrafo rectilíneo:

- Modelo W-808 SAN-EL INSTRUMENT CO.
  - Amplitud de banda 90mm.
  - Velocidad de papel 1.5, 25 ó 125 mm/s.
  - Gama de medidas de voltaje de 125 mv/cm a 500 mv/cm y de 0,24 V/cm a 100 V/cm.
- Vibrador multidireccional experimental de inercia:
- Masa total de la cabeza vibradora: 69 Kg.
  - Masas de inercia: 2 x 4 Kg.
  - Radio de inercia: 4 cm.
  - Velocidad angular media de contrapesos variable desde 0 a 1600 rpm., variable con regulador de caudal auto-compensando.

El captador se colocó siempre en el tronco, en la zona de agarre de la pinza, de forma que midiese la aceleración producida longitudinalmente por el vibrador, y se grabaron con el oscilógrafo para cada valor de velocidad angular media de los contrapesos, los valores de aceleración y amplitud producidas al girar las masas en el sistema vibrante árbol-cabeza vibradora.

Con el equipo, previamente calibrado y ajustado, se realizó la medida de amplitud y aceleración de la vibración producida en un árbol uniforme, representativo de una plantación de olivar de 8 años, de secano, con un marco de 6 x 5 m., con formación libre y poda tipo Jaén.

La velocidad angular media de los contrapesos del vibrador fue creciendo desde 0 a 1600 rpm. con incrementos muy pequeños, y cuyos valores se expresan en el Cuadro B.

Al tronco uniforme, con un diámetro medio de 118 mm., se le colocó el vibrador a una altura sobre el terreno natural de 170 mm.

Los valores medidos con el equipo de acelerometría y registro, son los que se exponen en el cuadro n.º 10.

Eh: 1/100 rpm.

Evs: 1/1 mm.

Eva: 1/100 m/s<sup>2</sup>

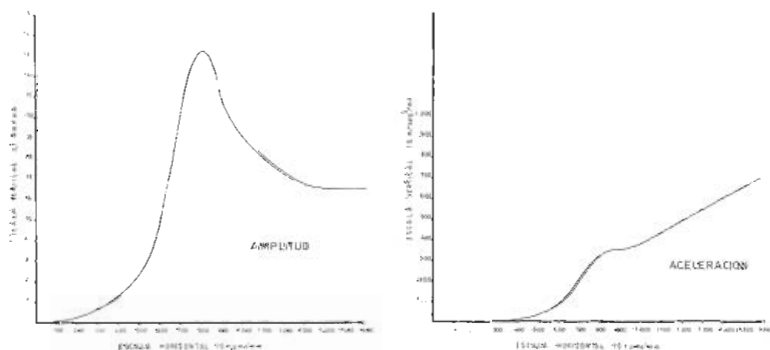


Figura n.º 23.— Curvas amplitud-aceleración de la vibración para diferentes valores de la velocidad angular media de los contrapesos.

Velocidad angular media de los contrapesos (r.p.m.)	Amplitud de vibración (mm.)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
307	0'7	Inap.
354	1'0	13
400	1'3	19
477	2'1	31
523	2'8	37
596	4'7	69
652	7'2	119
710	10'2	209
740	11'7	251
788	12'9	302
817	13'2	314
863	12'6	352
921	10'6	363
945	10'0	358
981	9'6	377
1.022	8'8	402
1.096	8'3	437
1.163	7'8	465
1.253	7'1	521
1.325	6'6	560
1.390	6'5	590
1.398	6'5	598
1.493	6'4	645
1.602	6'4	705

*Cuadro 10.—Valores reales medidos en la vibración.*

La figura n.º 23 muestra la representación de estos valores.

Es evidente que dichas curvas llevan implícitos los valores de E y C.

Con el ordenador personal y sus periféricos fue puesto a punto el programa BASIC siguiente:

```

10 RANDOMIZE USR 64973: POKE 64524,4
20 INPUT "diámetro de tronco en mm.": d: LET D1=D4
30 INPUT "altura de agarre de cabeza en tronco en mm.": h: LET L1=h3
40 INPUT "frecuencia natural de vibración del sistema": p: LET wo=p*PI/30
50 INPUT "masa total de contrapesos en Kg.": m

```

```

60 INPUT "radio de inercia de contrapesos": r
70 FOR E=60000 TO 1000000 STEP 10000
80 LET AI=3*PI*E*DI/(64*Li)
90 FOR c=1000 TO 5000 STEP 1000
100 LET MI= (2*AI2)+(wo2*c2)/(2*AI*wo2)
110 PRINT AT 9,14: "C. de amort=": c
120 FOR f=0 TO 225: PLOT f, O: PLOT O, f175/225
130 NEXT f: FOR y=1 TO 25: PLOT 10*y, 1: NEXT y: FOR t=1 TO 15: PLOT 1.10*t: NEX T t
140 FOR w=50 TO 1600 STEP 25
150 LET a=(PI*w/30)2
160 LET BI=MI*a
170 LET n=c2
180 IF nr102 THEN NEXT w
190 LET CI=n*a
200 LET PI=SQR (((ABS (AI-BI))2) + CI)
210 LET SI=2*m*r*a
220 LET AW=.01*SI/(15/W)2
230 IF .1*AWd175 THEN GO TO 290
240 PLOT w/10, .1*AW
250 IF 10*SId175 THEN NEXT w
260 PLOT w/10,10*SI
270 NEXT w
280 PRINT AT 1,14: "E=": E
290 RANDOMIZE USR 65047
300 CLS
310 NEXT
320 NEXT E
330 CLS
340 PRINT "Valores de E entre los que se desea estudiar las curvas con detalle"
350 INPUT E1,E2
360 CLS
370 PRINT "Incrementos de E deseados"
380 INPUT E3
390 CLS
400 PRINT "Valores de C entre los que se desea estudiar las curvas con detalle"
410 INPUT c1, c2
420 CLS
430 INPUT "Incrementos de C deseados"
440 CLS
450 FOR E=E1 TO E2 STEP E3
460 LET AI=3*PI*E*DI/(64*Li)
470 FOR c=c1 TO c2 STEP c3
480 LET MI=(2*(AI2)+(wo2*c2)/(2*AI*wo2)
490 PRINT AT 0,14: "C. de amort=": c
500 FOR f=0 TO 225: PLOT F,O: PLOT O, F175/225
510 NEXT f: FOR y=1 TO 25: PLOT 10*y, 1: NEXT y: FOR t=1 TO 15: PLOT 1, 10*t: NEX T t
520 FOR w=50 TO 1600 STEP 25
530 LET a=(PI*w/30)2
540 LET BI=MI*a
550 LET n=c2
560 IF nr102 THEN NEXT w
570 LET CI=n*a
580 LET PI=SQR (((ABS (AI-BI))2) + CI)
590 LET SI=(2*m*r*a)/PI
600 LET AW=.01*SI/((15/w)2)
610 IF .1*AWd175 THEN GO TO 290
620 PLOT w/10, .1*AW
630 IF 10*SId175 THEN NEXT w

```

```

640 PLOT w/10.10-S1
650 NEXT w
660 PRINT AT 1.14: -E=2: E
670 RANDOMIZE USR 65047
680 CLS
690 NEXT C
700 NEXT E
710 PRINT
720 GO TO 3.30

```

Este programa realiza la representación gráfica con escalas idénticas a las previamente utilizadas para las funciones estudiadas anteriormente. Como se vió estas funciones definen de forma teórica la amplitud y la aceleración que produciría un vibrador con las características del modelo experimental, en un árbol con las mismas medidas que el vibrado, para diferentes valores de E y C.

El análisis de las curvas representadas en el gráfico nº 23, aporta informaciones de elevado interes práctico; a saber:

— Para  $n_c = 810$  rpm la amplitud presenta un máximo, que corresponde a la frecuencia natural de vibración del sistema.

— A medida que la velocidad angular media de los contrapesos crece, la amplitud de la vibración tiende a estabilizarse, lo que era de esperar, según los estudios realizados por P.A. Adriaan y R.B. Fridley de la Universidad de Davis en California y por el propio autor, en donde se demuestra que si n es suficientemente grande ( $n \gg n_c$ ) la amplitud de la vibración responde a la fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot m \cdot r}{Mv + Ma}$$

Siendo: S = amplitud de la vibración  
m = masa de inercia de contrapesos  
r = radio de inercia de contrapesos  
Mv = masa del vibrador  
Ma = masa equivalente del árbol

Es evidente que S es directamente proporcional a la excentricidad o radio de inercia de los contrapesos, y que no lo es respecto a la masa de inercia m, ya que ésta forma parte de la masa total de la cabeza vibradora Mv, que aparece en el denominador. Pero dado que Mv es, en los vibradores comerciales, de unos 600 Kg. y que los olivos presentan Ma que varían desde 500 a 1000 o incluso

más Kg., es evidente que, entre ciertos límites, no se comete error importante aceptando que  $S = \psi$  (m) es una función lineal.

— La aceleración absoluta máxima medida en el tronco del olivo, responde a la fórmula empírica:

$$a = 4'385 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 \cdot S \quad \text{[VII]}$$

Siendo:  $a$  = aceleración en  $m/s^2$

$n$  = velocidad angular media de los contrapesos en r.p.m.

$S$  = amplitud de la vibración en mm.

Como quedó expuesto, la aceleración mínima necesaria para el derribo total de fruto en el momento óptimo de comienzo de la recolección es de unos  $2.000 m/s^2$ , para lo que con la experiencia adquirida en el uso de los vibradores, se requiere una aceleración, en el punto de agarre de la pinza próxima a 1'5 veces la teórica, debido fundamentalmente a las pérdidas en la transmisión de la vibración en la compleja estructura del olivo hasta llegar a la aceituna, por lo que es necesario originar una aceleración próxima a las  $3.000 m/s^2$ .

Esta aceleración se podría obtener según la fórmula empírica expuesta anteriormente; bien, incrementando la amplitud de la vibración, o bien, incrementando la velocidad angular media de los contrapesos.

La curva de la figura n.º 24 representa gráficamente los diferentes pares  $(n,s)$  con los que podría, al menos teóricamente, obtenerse la deseable aceleración de  $3000 m/s^2$ .

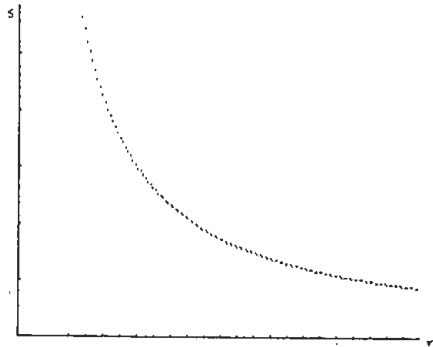


Figura n.º 24.— Curvas de isoaceleración.

Como el olivo no tiene una maduración uniforme, es lógico pensar que generando la aceleración adecuada podrían conseguirse eficacias de derribo de 50, 60, ... 100%, como queda representado en el gráfico de la figura n.º 25.

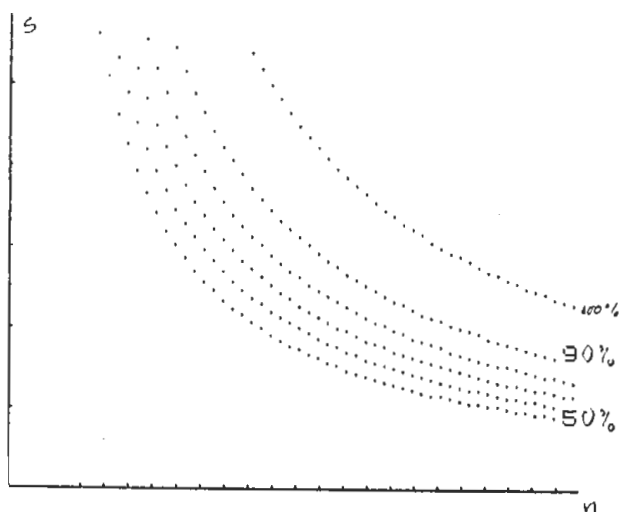


Figura n.º 25.— Curvas de isorendimiento.

Cabe preguntarse, ¿cuál de los pares de valores ( $n$ ,  $s$ ), con los que al menos en teoría se pueden llegar a producir eficacias de derribo próximas al 100%, es el más conveniente?

Un ejemplo práctico ayudará a resolver esta importante cuestión.

Para alcanzar valores de  $a = 3.000 \text{ m/s}^2$ , con una velocidad angular media de los contrapesos de 1.600 rpm son precisos valores de amplitud próximos a 26,5 mm, para lo cual y dado que la amplitud de la vibración se puede considerar que es, según se argumentó previamente una función lineal de la masa de contrapesos, la masa de inercia necesaria a usar sería de 4 veces la utilizada en la experiencia realizada que se expuso anteriormente.

La vibración producida en este caso tendría una amplitud de 53 mm cuando la velocidad angular media de los contrapesos sea de  $n = n_0$ , que podría ser soportada sólo por olivos muy jóvenes y de tronco suficientemente alto.

En cambio, si no se sustituyen los contrapesos, y pensando, que la amplitud de vibración aunque no se ha estabilizado, al ser  $n = 1.600 \text{ rpm}$  suficientemente grande, no es de prever en ella una notable disminución, por lo cual, para alcanzar la aceleración necesaria para derribo del fruto es preciso llegara una velocidad angular media de contrapesos dada por la fórmula (VII), en la que despejando  $n$ , se obtiene:

$$n = \sqrt{\frac{3.000}{6,4 \cdot 4,385 \cdot 10^{-5}}}$$



de donde se calcula que la velocidad angular media mínima necesaria de contrapesos es de unas 3.269 rpm.

Estas modificaciones en las condiciones de funcionamiento de la cabeza vibradora tienen unas implicaciones importantes en la potencia motriz necesaria.

Consideremos, como es el caso, una masa  $m$ , de radio de inercia  $r$  y girando a velocidad angular  $n$  alrededor de un eje. La fuerza centrífuga originada tendrá, como se expresó anteriormente, un valor absoluto dado por la fórmula  $F = m \cdot n^2 \cdot r$ .

Esta fuerza centrífuga ocasiona un rozamiento en los rodamientos de valor  $F_R = \epsilon \cdot m \cdot n^2 \cdot r$ ; siendo  $\epsilon$  = coeficiente de rodadura de los rodamientos soporte de contrapesos.

La fuerza de rozamiento origina un par contrario al accionamiento del giro de contrapesos de valor:

$$M_R = \epsilon \cdot m \cdot n^2 \cdot r \cdot \rho$$

Siendo  $\rho$  = radio de rodamientos.

Por lo tanto la potencia mínima exigible a una masa que gira alrededor de un eje con las condiciones enunciadas vendrá dada por:

$$N_{\text{regimen}} = \epsilon \cdot m \cdot n^2 \cdot r \cdot \rho \cdot \nu \quad N_{\rho} \doteq \epsilon \cdot m \cdot n^3 \cdot r \cdot \rho$$

La potencia  $N$  calculada, se refiere sólo a la de giro de los contrapesos que originan la vibración, pero girando alrededor de un eje fijo. Al considerar que en el sistema vibrante participan, además de la resultante de fuerzas aplicadas, las de ligadura y las de inercia, cambia completamente el planteamiento efectuado, y es por lo que dada la enorme complejidad del sistema vibrante, se ha estudiado experimentalmente la potencia mínima necesaria para mantener en movimiento el sistema cabeza vibradora-árbol. Para ello se ha considerado que la potencia necesaria depende de  $m$ ,  $n$  y  $r$ , según la fórmula semejante a la anterior, y comprobada experimentalmente dada por:

$$N = \Delta \cdot m \cdot n^3 \cdot r$$

Siendo  $\Delta$  = coeficiente que tiene en cuenta las acciones debidas a las fuerzas aplicada, de inercia y de ligadura del sistema.

En las experiencias realizadas para cuantificar se han obtenido los siguientes resultados:

$\Delta = 4'60 \cdot 10^{-10} \cdot 1/l$  para olivos jóvenes pequeños.

$\Delta = 5'75 \cdot 10^{-10} \cdot 1/l$  para olivos de edad y tamaño medios.

$\Delta = 6'90 \cdot 10^{-10} \cdot 1/l$  para olivos viejos grandes.

Siendo:

l altura de agarre en metros.

m masa total de contrapesos en kg.

n velocidad angular media de contrapesos en r.p.m.

r radio de inercia de contrapesos en m.

N potencia en C.V.

Es de destacar que  $\Delta$  indica la potencia mínima requerida al motor alternativo del vehículo soporte del vibrador.

En los casos que han sido planteados, es decir de masas grandes y velocidad angular baja, la potencia requerida es:

$$N_1 = \Delta \cdot 4 \cdot m \cdot 1.600^3 \cdot r$$

Con masas pequeñas y velocidad alta la potencia necesaria es:

$$N_2 = E \cdot m \cdot 3.269^3 \cdot r$$

Comparando  $N_1$  y  $N_2$ , se obtiene que:

$$N_2 = 2'15 \cdot N_1$$

Por lo tanto, y siempre que no se sobrepasen los límites de elasticidad del árbol, es evidente que son más convenientes las bajas frecuencias combinadas con grandes amplitudes para un mejor aprovechamiento de la potencia de los tractores comunmente usados.

Hoy, y gracias a los ensayos efectuados, se sabe que un olivo joven de tamaño medio (volumen de copa 50-60 m<sup>3</sup>) requiere masas de 2 × 30 kg. y radio de inercia de 10 cm. para producir amplitudes próximas a S= 20 mm y de 2 × 45 kg. y radio 10 cm. para olivos grandes (volumen de copa de 90-100 m<sup>3</sup>), colocando en ambos casos la pinza en el olivo a una altura de unos 30 cm. sobre el nivel del suelo, altura normal para las condiciones de la olivicultura española.

Para alcanzar con dicha amplitud la aceleración de 3.000 m/s<sup>2</sup> necesaria para un eficaz derribo del fruto, es precisa, según se obtiene de la fórmula (VII) expuesta, una velocidad angular media de los contrapesos próxima a 1.850 rpm.

Teniendo en cuenta las fórmulas de potencia expuestas, se desprende que para olivos de tamaño medio la potencia motriz necesaria N es de 64 kw. (87 C.V.) y para olivos grandes de 96 kw. (130 C.V.).

En olivar es de sobra conocido que no son útiles tractores de potencia nominal superior a los 45-48 kw. (60-65 C.V.), ya que en la práctica ninguna de sus operaciones culturales precisa mayor potencia, y como ha sido calculado, para vibrar eficazmente olivos de tamaño medio o grande se precisan tractores de mayor potencia que la usual, por lo que la mecanización de esta faena de recolección obligaría al agricultor a realizar grandes inversiones, cambiando a tractores de incluso 100 kw (136 C.V.), que aunque le permitirían poder sacudir los árboles con elevadas eficacias de derribo, le desequilibrarían las restantes operaciones culturales, con el consiguiente perjuicio económico.

Comercialmente, y es algo muy lógico, a los fabricantes les interesa vibrar con bajas potencias, para lo que como se ha calculado son necesarias grandes amplitudes y bajas frecuencias, y es por lo que se pueden ver vibradores que, para una más amplia oferta de mercado, usan masas de inercia de  $2 \times 40$  kg. y radio de inercia de 10 cm., que giran a una velocidad de régimen próxima a las 1.400 rpm, con lo que la potencia motriz que requieren para vibrar olivos grandes es de 50-55 C.V. de potencia nominal.

La vibración que así se consigue, cuando se aplican a olivos de tamaño medio, produce amplitudes de unos 26 mm. y se alcanzan aceleraciones de solo 2.286 m/s, las cuales, aunque no son las ideales, se pueden admitir como aceptables y en algunas variedades de olivar suficiente para poder alcanzar elevados % de derribo, si bien, el exceso de amplitud en  $n = n_0$ , del orden de 52 mm, puede provocar, y de hecho provocan, daños en el olivo que desprestigian a este método de derribo, como hasta ahora ha venido ocurriendo.

En olivos grandes, al obtenerse una amplitud de aproximadamente 18 mm, la aceleración teórica que se alcanza es de sólo unos 1.550 m/s<sup>2</sup>, que es excesivamente baja para conseguir elevadas eficacias de derribo, y es por lo que se practica en estos casos, el mantener la vibración durante 10, 20 e incluso 25 segundos, hasta conseguir romper por fatiga el pedúnculo de las aceitunas.

Pero un tiempo de vibración elevado, además de causar daños en todo el olivo, porque además del pedúnculo se produce fatiga en brotes y ramas, es perjudicial para la longevidad de la máquina, por lo que aunque, esta es práctica común, es desaconsejable tanto técnica como económicamente.

Una solución que permita vibrar olivos grandes con elevadas eficacias de derribo y que no produzca fatiga en la madera, que use como vehículo de accionamiento tractores de 45-48 kw. (60-65 C.V.) se hace según los estudios realizados muy deseable.

## 8. NUEVO SISTEMA. LA ACUMULACION DE ENERGIA

Como se pretende un sistema de derribo óptimo, es preciso encontrar una solución capaz de vibrar olivos grandes, que son los más desfavorables, consiguiendo en un tiempo mínimo elevados porcentajes de derribo de aceituna, con una potencia baja, o mejor dicho con la normalmente usada en Olivicultura de 60-65 C.V. nominal (50-55 C.V. real) y todo ello sin provocar daños al olivo.

Para ello, se impone en olivos grandes no alcanzar valores de amplitud de vibración superiores a 18-20 mm para la frecuencia de régimen, de manera que a la frecuencia natural del sistema, o sea, para  $n = n_0$ , no se superen los 40 mm., que se estiman máximos permisibles según las condiciones culturales de la Olivicultura actual que, con la poda de formación que se usa tradicionalmente, tiene a la formación de troncos excesivamente bajos, de unos 60 cm., lo que implica una altura de agarre de 30 cm.

Obtener una amplitud de 18 mm en olivos viejos, obliga a la utilización de masas de  $2 \times 40$  kg. que con los radios de inercia comunmente utilizados de 10 cm. y colocando el vibrador a 30 cm. de altura, sólo podrán alcanzarse, con los tractores de 60-65 C.V., velocidades angulares de los contrapesos de sólo unas 1.400 rpm, pues, como ya ha sido demostrado, caso de sobrepasarlas sería requerida más potencia de la realmente disponible.

Con estas características de vibración, la aceleración producida es, como ya ha sido calculada, de sólo  $1.550 \text{ m/s}^2$ .

Para llegar a valores de  $a = 3.000 \text{ m/s}^2$  sin aumentar la amplitud, es necesario que los contrapesos lleguen a una velocidad angular de 1.950 rpm, pues:

$$3.000 \text{ m/s}^2 = 4.385 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 \cdot 18 \Rightarrow n = 1.950 \text{ rpm.}$$

Esto indica que sería necesario llevar los contrapesos de  $2 \times 40$  kg. y radio de 10 cm. a la velocidad angular media de 1.950 rpm. Para conseguirlo, si el circuito hidráulico utilizado fuese semejante al expuesto anteriormente, haría falta un tractor de unos 136 C.V., ya que en las condiciones de trabajo enunciadas:

$$N = 6.9 \cdot 10^{-30} \cdot \frac{1}{0.3} \cdot 80 \cdot 1950^3 \cdot 0.1 \text{ C.V.}$$

Una solución a este problema ha sido encontrada por investigadores del Departamento de Olivicultura y Elaiotecnica, con una idea basada en el hecho de que se considera, que del tiempo total necesario para la vibración de cada pie de olivo, del orden de 60", sólo 10-25" (depende de árboles, estado de aceituna, vi-

brador...) son para la vibración, el almacenamiento de una parte de la energía que puede producir el motor alternativo del tractor y su utilización en el instante de la vibración sería extraordinariamente útil. La idea consiste en utilizar acumuladores hidroneumáticos, almacenar en ellos la energía necesaria para llevar a la velocidad punta de 1.950 rpm los contrapesos en un tiempo breve, con lo que se podrá conseguir alcanzar la aceleración necesaria para el derribo de la aceituna de  $3.000 \text{ m/s}^2$ , y una vez, alcanzada dicha velocidad punta, por las características mecánicas del sistema vibrante, que la velocidad angular se reduzca a 1.400 rpm, siendo el propio motor del tractor el que se encarga de mantener a dicha frecuencia el sistema árbol-cabeza vibradora.

Esto hará que la aceituna que pueda excepcionalmente quedar en el árbol, se caiga por fatiga del pedúnculo o bien con una pequeña ayuda de vareo, se tirarán las aceitunas de aquellas zona a las que no llega la vibración, zonas además que, por el hecho de no vibrar bien, se localizan muy fácilmente por los vareadores, por lo que se hace un daño mínimo al árbol, ya que solo se varea una pequeña porción del volumen de copa. Aunque debido al bajo % de aceituna que quedará en el olivo, la actuación más lógica sería abandonar esos frutos, pero para que esto se dé, ha de ocurrir un notable cambio en la actual mentalidad del olivero, como ha ocurrido entre los agricultores usuarios de maquinaria de recolección de otros cultivos.

La solución encontrada, tiene el siguiente esquema oleohidráulico según la nomenclatura I.S.O.:

- (1) Depósito
- (2) Filtro
- (3) Bomba baja presión y gran caudal
- (3') Bomba alta presión y bajo caudal
- (4) (5) Válvula de secuencia
- (6) (7) (8) Válvulas antiretorno
- (9) Acumulador hidroneumático
- (10) Distribuidor 2/2
- (11) Motor oleohidráulico

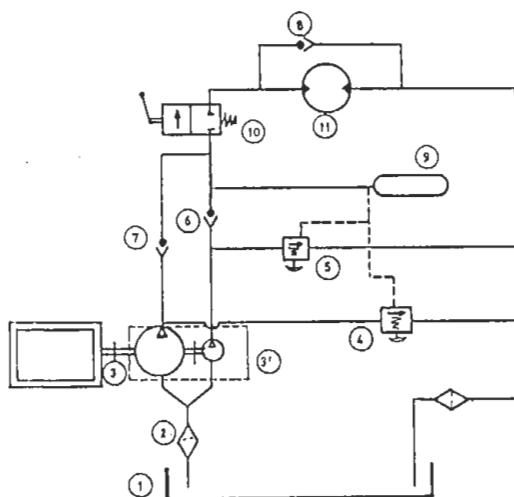


Figura nº 26.— Esquema ISO-CETOP de circuito hidráulico de un vibrador con acumulador de energía.

El funcionamiento del circuito hidráulico concebido se indica a continuación: Durante los tiempos de traslado y colocación en el árbol de la cabeza vibradora, el distribuidor 2/2 (10) permanece cerrado con lo que las bombas (3) y (3') envían sus respectivos caudales al acumulador hidroneumático (9). Al ir llenándose el acumulador aumenta la presión en el circuito y con la señal enviada por las tuberías de pilotaje, dibujadas a trazos en el esquema, se abre la válvula de secuencia (4) tarada a la presión necesaria para mantener el régimen de los contrapesos. La bomba (3'), de pequeño caudal y alta presión, sigue enviando su caudal al acumulador, lo que consecuentemente sigue haciendo aumentar la presión en el circuito, hasta que llega el valor tarado en la válvula de secuencia (5) que, como se demostrará más adelante, es muy superior a la presión tarada en (4). Por la acción de las tuberías de pilotaje, la presión existente en (9) mantiene abiertas (4) y (5). En el momento de accionar el distribuidor (10) el aceite del acumulador se descarga acompañado del caudal de (3') y en cambio (3) sigue descargando por (4) hasta que la presión sea menor que la de tarado, lo cual ha de ocurrir cuando los contrapesos se encuentren a la velocidad angular de régimen prevista de 1.400 rpm, momento en el que la bomba (3) envía también su caudal al motor (11) manteniéndose con él la velocidad de giro prevista de las masas de inercia.

Es claro que este circuito es de mayor coste que el normalmente utilizado, pero evidentemente no es comparable al precio de un tractor de la potencia suficiente para accionar un vibrador con las condiciones necesarias.

El dimensionado del equipo hidráulico, aunque no es excesivamente complicado, requiere precisión, pues su cálculo erróneo puede ocasionar problemas de funcionamiento.

El primer problema que se plantea en el dimensionado de un acumulador es la elección del tipo a usar. Sin entrar en discusiones, se considera como más apropiado el acumulador del tipo de membrana, ya que es apto para grandes presiones de funcionamiento continuado sin problemas y de poco peso.

Para el cálculo del equipo hidráulico se supondrá que la transformación termodinámica que más se adapta a la realidad de la modificación sufrida por el gas que llena el acumulador, normalmente nitrógeno para evitar explosiones durante su descarga, es la adiabática, por darse en un tiempo de vaciado suficientemente corto.

Además, han de tenerse en cuenta, las siguientes fórmulas relativas a motores y bombas oleohidráulicos:

Una vez llevados los contrapesos a la velocidad punta necesaria de 1.950 rpm, ocurre que el caudal suministrado simultáneamente por ambas bombas no es suficiente para abastecer los requerimientos del motor oleohidráulico, por lo que es preciso un aporte adicional de aceite que evita en primer lugar que el acumula-

$$N = \frac{Q \cdot P}{450 \cdot \eta_v}$$

$$M = 1'59 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot P \cdot \eta_p$$

$$n = Q \cdot \frac{1}{C} \cdot \eta_v$$

N= potencia absorbida en C.V.

M= par motor en m · Kg.

n= velocidad angular en rpm.

C= cilindrada en cm<sup>3</sup>/revol.

P= presión en Kg/cm<sup>2</sup>.

Q= caudal de la bomba en dm<sup>3</sup>/min

$\eta_p$  = rendimiento mecánico.

$\eta_v$  = rendimiento volumétrico.

$\eta_t = \eta_p \cdot \eta_v$

Por tanto, se vacíe totalmente y en segundo lugar que el equipo hidráulico cavite, pues ambos factores serían posibles causas de su rápido deterioro.

Esto se evita con un aumento de la capacidad del acumulador, de manera que una vez conseguido su llenado máximo, que debe ser a la presión de 150-175 kg/cm<sup>2</sup>, por ser esta la máxima aconsejada por numerosos especialistas en este tipo de instalaciones, una parte del volumen de aceite acumulado se utiliza en elevar los contrapesos a la velocidad punta prevista y el resto del aceite se utilizará como complemento para la seguridad y buen funcionamiento del equipo.

Por tanto, en la descarga del acumulador se pueden distinguir tres presiones:

P<sub>2</sub> presión máxima alcanzada por el Nitrógeno que es de 150-175 kg/cm<sup>2</sup>.

P<sub>i</sub> presión a partir de la cual los contrapesos empiezan a disminuir la velocidad desde la punta alcanzada.

P<sub>1</sub> presión necesaria para mantener a la velocidad régimen las masas de inercia.

Como la potencia motriz precisa es de 50 C.V. para mantener los contrapesos de 2 × 40 kg. a la velocidad de régimen de 1.400 rpm, se tiene que, debido a la transmisión hidráulica, la potencia realmente disponible en el eje del motor hidrostático será de N<sub>m</sub> = 50 ·  $\eta_{tb}$  ·  $\eta_{tm}$ , expresión que para  $\eta_{tb} = 0'81$  y  $\eta_{tm} = 0'81$  ⇒ N = 32'8 C.V.

Por otra parte como N = M · w se tiene:

$$32'8 \cdot 75 \text{ kpm/s} = M \cdot 1.400 \cdot \frac{\pi}{30} \Rightarrow M = 16'78 \text{ kp} \cdot \text{m.}$$

De aquí se deduce que la cilindrada del motor hidráulico, vendrá por:

$$M = 16'78 = 1'59 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot P_1 \cdot 0'9$$

de donde se obtiene que:

$$C \cdot P_1 = 11726 \quad (\text{VIII})$$

Por numerosas medidas efectuadas, el tiempo medio de puesta en régimen del sistema vibrante árbol-cabeza vibradora, para contrapesos de  $2 \times 40$  kg. y radio de inercia de 10 cm., utilizando vibradores de circuito hidráulico tradicional en un olivo de tamaño grande es de 1'5 segundos.

Por tanto la energía producida por el tractor es de:

$$E = 50 \cdot 75 \cdot 1'5 \text{ kpm.}$$

Esta energía no es íntegramente utilizada por el sistema vibrante, ya que por el principio de funcionamiento del equipo hidráulico, el 50% de ella se pierde a través de la válvula limitadora de presión, por lo que la energía realmente utilizada para la puesta en régimen de los contrapesos es de  $E/2$ , o sea, 27.590 Julios.

Se puede hacer la abstracción de que esta energía se ha utilizado en incrementar la energía cinética del sistema árbol-cabeza vibradora, por lo que se puede admitir que el conjunto tiene un momento de inercia  $I$  dado por:

$$E_c = 1/2 \cdot I \cdot n^2 \rightarrow 27.590 = 1/2 I \cdot (1.400 \frac{\pi}{30})^2$$

de donde se obtiene que:

$$I = 2'56725 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Si el tiempo que se utiliza para llevar el sistema vibrante árbol-cabeza vibradora a la frecuencia dada por la velocidad punta es de  $t$  segundos, la aceleración angular necesaria es:

$$n = \alpha \cdot t \Rightarrow \alpha = n/t \text{ rad/s}^2 \quad (\text{IX})$$

Como  $M = I \cdot \alpha$ , el par motor  $M$  necesario es:

$$M = 2'56725 \cdot \alpha \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (\text{X})$$

El par motor calculado, tiene que ser suministrado por el motor hidráulico, según ha sido expuesto entre las presiones  $P_2$  y  $P_1$ , por lo que:

$$M = 1'59 \cdot 10 \cdot C \cdot 0'9 \cdot \frac{P_2 + P_1}{2} \quad (\text{XI})$$

El volumen de aceite que circulara a través de dicho motor, hasta llegar el



sistema a la frecuencia dada por la velocidad angular media de los contrapesos de 1.950 rpm. vendrá dado por el ángulo barrido y por su cilindrada, según la expresión:

$$\Theta = 1/2 \cdot \alpha \cdot t^2$$

y como la cilindrada es C. el volumen de aceite será:

$$v = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 \cdot C \cdot \frac{1}{0.9} \cdot 10^{-3} \quad (\text{XIII})$$

Las ecuaciones IX, X, XI, y XII junto con la de condición de potencia máxima VIII y las de condición de descarga adiabática del acumulador:

$$P_2 \cdot V_2^\gamma = P_1 \cdot V_1^\gamma = P_0 \cdot V_0^\gamma \quad (\gamma = 1.4)$$

permiten dimensionar el equipo hidráulico que se necesita usar para el sistema de accionamiento del vibrador con acumulación de energía.

Tomado para  $P_2$  valores de 150 a 175 kg./cm., presión que como se ha dicho es la máxima aconsejable en este tipo de instalaciones, se realizó el siguiente programa en BASIC que resuelve el sistema de ecuaciones, para diferentes valores de t (tiempo de puesta de los contrapesos al régimen máximo) y de C (cilindrada del motor hidráulico).

El cálculo del volumen del acumulador se realiza como sigue:

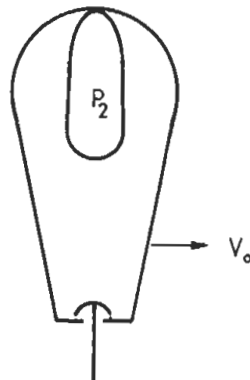
Sea W el volumen total de aceite aportado por el acumulador:

$$W = V_1 - V_2$$

y sea  $P_0$  la presión de inflado del acumulador y  $V_0$  su volumen nominal.

Por tratarse de una descarga según una transformación adiabática:

$$P_0 \cdot V_0^\gamma = P_1 \cdot V_1^\gamma = P_2 \cdot V_2^\gamma$$



$$V_1 = \left( \frac{P_0 \cdot V_0^\gamma}{P_1} \right)^{1/\gamma}$$

$$V_2 = \left( \frac{P_0 \cdot V_0^\gamma}{P_2} \right)^{1/\gamma}$$

Figura n° 27.— Acumulador.

$$\text{Como } W = V_1 \cdot V_2 = \frac{P_0^{1/\gamma} \cdot V_0}{P_1^{1/\gamma}} = \frac{P_0^{1/\gamma} \cdot V_0}{P_2^{1/\gamma}}$$

$$W = \left( \frac{P_0^{1/\gamma}}{P_1^{1/\gamma}} - \frac{P_0^{1/\gamma}}{P_2^{1/\gamma}} \right) \cdot V_0 = V_0 = W \left( \frac{P_1^{1/\gamma} \cdot P_2^{1/\gamma}}{P_0^{1/\gamma} (P_2^{1/\gamma} - P_1^{1/\gamma})} \right) \quad (\text{XIII})$$

Es conveniente saber que  $0.25 P_0 \leq P_n \leq 0.9 P_0$  y que  $P_0/P_1 = 3.5$  para tener un funcionamiento correcto del acumulador de energía.

```

10 REM -Acumulador-
20 RANDOMIZE USR 64,973: POKE 64,524, 4
30 INPUT "presión máxima en el circuito=: p2
40 FOR t= 13 TO 2 STEP.2
50 LPRINT : LPRINT
60 LPRINT "tiempo para alcanzar la velocidad punta=: t
70 LPRINT
80 LPRINT TAB 2: "e,: TAB 12: "p1,: TAB 22: "v1,: TAB 31: "p2,:TAB 42: "v2,: TAB 52 "pi,: TAB 61: "vi,:
TAB 68: "v.a.": TAB 79: "v.n.:"
90 LPRINT
100 FOR c= 100 TO 250 STEP 5
110 LET ac= (1950*P1/30)/t
120 LET m= 2.56725*ac/9.81
130 LET pi= INT ((2*m/6.00159-.9)/c)-p2)*100+.5)/100
140 LET v= .001*(.5*ac*(1.2)*c/.9)/(2*pi)
150 LET pl= INT (11726/c*100+.5)/100
160 IF pi<= pl THEN GO TO 270
170 IF pi>= p2 THEN GO TO 270
180 LET A3 P2 (1/1.4): LET b= pi (1/1.4): LET n= pl (1/1.4)
190 LET v2= INT ((b*v)/(a-b)*100+.5)/100:
    LET vi= INT ((v2+v)*100+.5)/100
200 LET a= p2 (1/1.4): LET b= pi (1/1.4): LET n= pl (1/1.4)
210 LET v1= INT ((a/n)*v2*100+.5)/100
220 IF v1<= 0 OR v2<= 0 OR vi<= 0 THEN GO TO 270
230 LET va=.01 (INT (100*(v1-v2)+.5))
240 LET m=(.5*(pl-.9+p2*.25)) (1/1.4)
250 LET vn= INT (v1-v2*(m*a)/(a-n) m)*100+.5)/100
260 LPRINT TAB 1: "e: TAB 10: P1: TAB 20: v1: TAB 30: p2: TAB 40: v2: TAB 50: vi: TAB 67: va: TAB 78: vn
270 NEXT c
280 NEXT t
290 PRINT "para continuar pulse S: INPUT a$: IF a$ < > -S- THEN GO TO 290
300 INPUT "tiempo para alcanzar la velocidad punta escogida=: t
310 INPUT "cilindrada comercial más próxima=: c
320 LPRINT : LPRINT
330 LPRINT "tiempo para alcanzar la velocidad punta escogida=: t
350 LPRINT TAB 3: "e,: TAB 12: "p1,: TAB 22: "v1,: TAB 32: "p2,: TAB 42: "v2 : TAB 52: "pi,: TAB 61: "vi,: TAB
68: "v.a.": TAB 79: "v.n.:"
360 LPRINT
370 LET ac=(1950*P1/30)/t
380 LET m=2.567*ac/9.81
390 LET pi=INT ((2*m)/(.00159-.9)/c)-p2)*100+.5)/100
400 LET v=.001*(.5*ac*(1.2)*c/.9)/(2*PI)
410 LET pl=INT (11726/c*100+.5)/100
420 IF pl<=pl THEN GO TO 500
430 IF pi<=p2 THEN GO TO 500
440 LET a=p2 (1/1.4): LET n=pl (1/1.4)

```

```

450 LET v2=INT ((b*v)/(a-b) /100+.5)/100
460 LET vj=INT ((v2+v)/100+.5)/100
470 LET vi=INT ((a/n)*v2/100+.5)/100
480 IF vj<=0 OR v2 OR vj<=0 vi<=-0 THEN GO TO 270
490 LET va=.01 (INT (100 (vi-v2)+.5))
500 LET m=(.5 *pl+.9+p2*.25) /11.4)
510 LET vn=INT ((vi-v2)*(n/n)/(a-n)*m)/100+.5)/100
520 LPRINT TAB 1: c; TAB 10: pl; TAB 20: v1; TAB 30: v2; TAB 40: pi; TAB 50: vi; TAB 60: va; TAB 70: vn

```

Algunas de las soluciones obtenidas que satisfacen el sistema de ecuaciones calculado son las que se exponen a continuación.

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.3

c.	pl	v1	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
195	60.13	333.31	150	173.49	144.63	178.07	159.82	404.8
200	58.63	140.3	150	71.72	137.26	76.41	68.58	169.13
205	57.2	90.35	150	45.38	130.26	50.19	44.97	108.11
210	55.84	67.27	150	33.21	123.58	38.14	34.06	79.91
215	54.54	53.97	150	26.2	117.22	31.25	27.77	63.65
220	53.3	45.29	150	21.63	111.15	26.79	23.66	53.03
225	52.12	39.13	150	18.39	105.34	23.67	20.74	45.5
230	50.98	34.54	150	15.98	99.79	21.38	18.56	39.87
235	49.9	30.95	150	14.1	94.48	19.62	16.85	35.49
240	48.86	28.05	150	14.1	94.48	18.22	15.46	31.94
245	47.86	25.67	150	11.35	84.5	17.1	14.32	29.03
250	46.9	23.65	150	10.31	79.81	16.18	13.34	26.56

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.5.

c.	pl	v1	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
170	68.98	227.54	150	130.64	142.9	135.24	96.9	287.2
175	67.01	104.23	150	58.62	134.53	63.36	95.61	130.52
180	65.14	68.75	150	37.89	126.62	42.77	30.86	85.43
185	63.38	51.86	150	28.03	119.15	33.04	23.83	63.94
190	61.72	41.9	150	22.22	112.06	27.37	19.68	51.27
195	60.13	35.33	150	18.39	105.34	23.67	16.98	42.91
200	58.63	30.63	150	15.66	98.96	21.08	14.97	36.92
205	57.2	27.08	150	13.6	92.89	19.15	13.48	32.41
210	55.84	24.29	150	11.99	87.11	17.68	12.3	28.86
215	54.54	22.02	150	10.69	81.59	16.51	11.33	25.97
220	53.3	20.12	150	9.61	76.33	15.57	10.51	23.56
225	52.12	18.49	150	8.69	71.3	14.78	9.8	22.5
230	50.98	17.08	150	8.9	66.49	14.13	9.18	19.72
235	49.9	15.83	150	7.21	61.88	13.57	8.62	18.15
240	48.86	14.71	150	6.6	57.47	13.1	8.11	16.75
250	46.9	12.76	150	5.56	49.27	12.33	7.2	14.34

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.7

c.	pl	vl	p2	v1	pi	vi	v.a.	v.n.
150	78.17	208.09	150	130.64	142.0	135.24	77.45	271.28
155	75.65	89.09	150	54.63	133.45	59.39	34.45	115.18
160	73.29	57.78	150	34.64	124.59	39.55	23.14	74.11
165	71.07	43.27	150	25.38	116.27	30.44	17.89	55.05
170	68.98	34.85	150	20.01	108.44	25.23	14.84	43.98
175	67.01	29.3	150	16.48	101.05	21.85	12.82	36.69
180	65.14	25.35	150	13.97	94.08	19.5	11.38	31.5
185	63.38	22.37	150	12.09	87.48	17.77	10.28	27.58
190	61.72	20.01	150	10.61	81.23	16.44	9.4	24.49
195	60.13	18.08	150	9.41	75.3	15.4	8.67	21.96
200	58.63	16.47	150	8.42	69.67	14.56	8.05	19.85
205	57.2	15.07	150	7.57	64.31	13.86	7.5	18.03
210	55.84	13.85	150	6.84	59.21	13.29	7.01	16.45

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.9

c.	pl	vl	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
135	86.86	154.66	150	104.69	141.18	109.32	49.97	206.78
140	83.76	70.76	150	46.67	130.78	51.47	24.09	93.81
145	80.87	46.83	150	30.12	121.1	35.09	16.71	61.57
150	78.17	35.39	150	22.22	112.06	27.37	13.17	46.13
155	75.65	28.67	150	17.58	103.61	22.9	11.09	37.08
160	73.29	24.18	150	14.5	95.69	19.99	9.68	31
165	71.07	20.94	150	12.28	88.24	17.94	8.66	26.65
170	68.98	18.48	150	10.61	81.23	16.44	7.87	23.33
175	67.01	18.52	150	9.29	74.63	15.29	7.23	20.69
180	65.14	14.9	150	8.21	68.39	14.38	6.69	18.52

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.3

c	pl	cl	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
165	71.07	994.54	175	522.5	173.2	526.37	472.04	1212.43
170	68.98	148.54	175	76.39	162.96	80.38	72.15	179.51
175	67.01	82.22	175	41.42	153.3	45.53	40.8	98.5
180	65.14	57.67	175	28.47	144.18	32.69	29.2	68.5
185	63.38	44.8	175	21.69	135.55	26.03	23.11	52.77
190	61.72	36.86	175	17.51	127.38	21.97	19.35	43.06
195	60.13	31.44	175	14.66	119.63	19.24	16.78	36.42
200	58.63	27.47	175	12.58	112.26	17.27	14.89	31.57
205	57.2	24.43	175	10.99	105.26	15.8	13.44	27.85
210	55.84	22.	175	9.73	98.58	14.66	12.27	24.88
215	54.54	20.01	175	8.7	92.22	13.75	11.31	22.46
220	53.3	18.33	175	7.84	86.15	13.	10.49	20.41
225	52.12	16.87	175	7.1	80.34	12.38	9.77	18.64
230	50.98	15.59	175	6.46	74.79	11.86	9.13	17.09
235	49.9	14.46	175	5.9	69.48	11.42	8.56	15.74
240	48.86	13.43	175	5.4	64.39	11.03	8.03	14.5
245	47.86	12.5	175	4.95	59.5	10.7	7.55	13.4
250	46.9	11.63	175	4.54	54.81	10.41	7.09	12.38

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.5

c	p1	v1	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
145	80.87	244.45	175	140.84	168.39	144.77	103.61	308.94
150	78.17	89.34	175	50.24	156.95	54.3	39.1	111.88
155	75.65	55.85	175	30.68	146.24	34.88	25.17	69.31
160	73.29	41.15	175	22.1	136.2	26.43	19.05	50.61
165	71.07	32.85	175	17.26	126.77	21.73	15.59	40.04
170	68.98	27.48	175	14.13	117.9	18.73	13.35	33.22
175	67.01	23.66	175	11.92	109.53	16.66	11.74	28.34
180	65.14	20.82	175	10.28	101.62	15.15	10.54	24.73
185	63.38	18.57	175	8.99	94.15	14.	9.58	21.87
190	61.72	16.76	175	7.96	87.06	13.11	8.8	19.58
195	60.13	15.23	175	7.1	80.34	12.38	8.13	17.65
200	58.63	13.91	175	6.37	73.96	11.79	7.54	15.98
205	57.2	12.76	175	5.74	67.89	11.29	7.02	14.55
210	55.84	11.74	175	5.19	62.11	10.88	6.55	13.28
215	54.54	10.81	175	4.7	56.59	10.52	6.11	12.13

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.7

c.	p1	v1	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
130	90.2	122.64	175	76.39	162.96	80.38	46.25	159.45
135	86.86	59.92	175	36.33	150.44	40.47	23.59	77.16
140	83.76	40.44	175	23.89	138.82	28.19	16.55	51.59
145	80.87	30.86	175	17.78	128.	22.23	13.08	39.
150	78.17	25.13	175	14.13	117.9	18.73	11.	31.47
155	75.65	21.26	175	11.68	108.45	16.44	9.58	26.38
160	73.29	18.45	175	9.91	99.59	14.82	8.54	22.69
165	71.07	16.29	175	8.56	91.27	13.62	7.73	19.85
170	68.98	14.54	175	7.48	83.44	12.7	7.06	17.57
175	67.01	13.1	175	6.6	76.05	11.97	6.5	15.69
180	65.14	11.87	175	5.86	69.08	11.39	6.01	14.1

Tiempo para alcanzar la velocidad punta = 1.9

c.	p1	v1	p2	v2	pi	vi	v.a.	v.n.
115	101.97	116.82	175	113.42	166.82	117.37	53.4	223.38
120	97.72	60.66	175	40.01	152.58	44.13	20.65	80.41
125	93.81	38.06	175	24.38	139.48	28.67	13.68	49.97
130	90.2	28.11	175	17.51	127.38	21.97	10.6	36.54
135	86.86	22.46	175	13.62	116.18	18.25	8.84	28.92
140	83.76	18.79	175	11.1	105.78	15.9	7.69	23.97
145	80.87	16.16	175	9.31	96.1	14.28	6.85	20.43
150	78.17	14.16	175	7.96	87.06	13.11	6.2	17.74
155	75.65	12.56	175	6.9	78.61	12.22	5.66	15.59

Tomando para  $P_2$  el valor de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, para C el valor de una cilindrada comercial de 193,2 cc/revolución y un tiempo t de 1'5 s para llevar los contrapesos a la velocidad punta necesaria de 1950 rpm, los valores que se obtienen son:

C	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	P <sub>i</sub>	V <sub>i</sub>	W	V.N.
193.2	60.69	15.75	175	7.39	82.72	12.62	8.36	18.31

De cuanto ha sido expuesto se concluye que uno de los posibles equipos hidráulicos a utilizar, puede tener las siguientes características:

— Caudal aportado:

El caudal que tiene que llegar al motor para que gire a la velocidad angular de régimen es:

$$Q = 1400 \cdot C \frac{1}{0.9} 10', \text{ ecuación que para } C = 193.2 \text{ cc/revol.}$$

$$\Rightarrow Q = 300.5 \text{ l/minuto.}$$

— Potencia para mantener el régimen de vibración:

La presión a la que este caudal tiene que salir de las bombas para mantener la velocidad de régimen de rotación de contrapesos es de  $60.69 \text{ Kg/cm}^2$ , por tanto la potencia motriz necesaria es:

$$N = \frac{300.5 \cdot 60.692}{450 \cdot 0.81} = 50 \text{ C.V.}$$

Bomba de pequeño caudal y alta presión:

Caudal: Como  $W = 8.36$  litros, si el tiempo que se considera adecuado para el llenado el acumulador es de 30 sg se tiene que cumplir que:  
 $Q_p 0.5 = 8.36 \text{ l} \Rightarrow Q_p = 16.72 \text{ l/min.}$

Presión mínima:  $175 \text{ Kg/cm}^2$

Potencia solicitada:  $8.03 \text{ C.V.}$

— Bomba de gran caudal y de baja presión:

Caudal:  $Q = (300.5 - 16.72) \text{ l/m.} = 283.78 \text{ l/min.}$

Presión mínima requerida:  $60.69 \text{ Kg/cm}^2$

— Motor oleohidráulico:

Cilindrada:  $193.2 \text{ cc/revolución.}$

Presión mínima de trabajo:  $175 \text{ Kg/cm}^2$

— Acumulador:

Volumen nominal: 20 litros.

Presión de inflado de:  $43'45 \text{ Kg/cm}^2$  (Calculada según fórmula XIII).

Estos estudios, en un principio teóricos, fueron llevados a la práctica, y basándose en ellos se construyó un vibrador accionado por un motor diesel de 55 C.V. de potencia nominal. Dicho vibrador provisto del equipo hidráulico proyectado, imitó en el funcionamiento a la vibración que se hubiera conseguido de haber utilizado un circuito hidráulico convencional con un tractor 136 C.V. (100 Kw).

El sistema de accionamiento de los contrapesos utilizado se expone en el esquema siguiente:

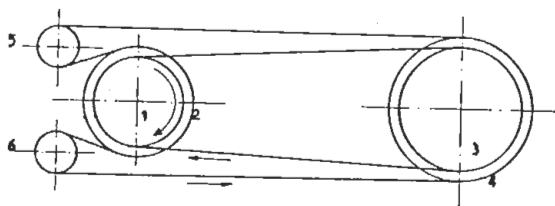
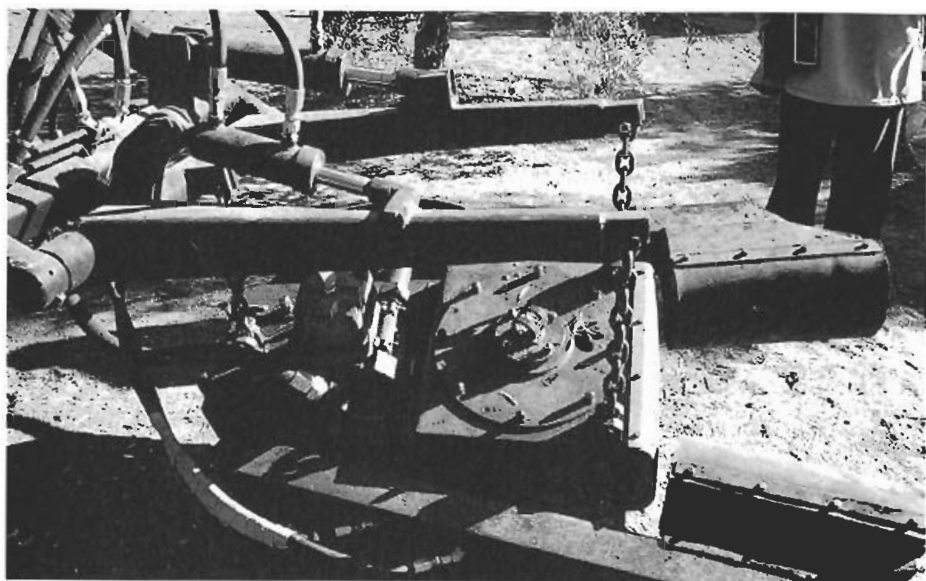


Figura n.º 28.- Sistema de accionamiento.

Con los conocimientos adquiridos hasta aquí, es fácil establecer las críticas que este sistema de accionamiento merece.

Las fotografías n.ºs 12 y 13 muestran el prototipo construido.

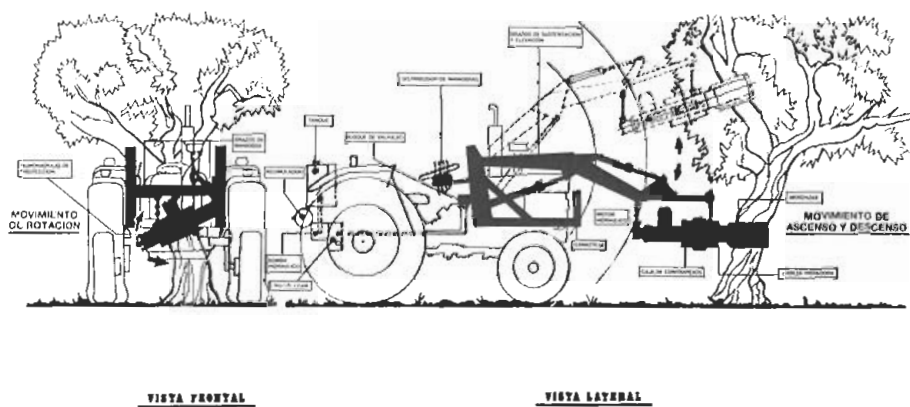




Fotos 12 y 13.—Prototipo de vibrador provisto de circuito hidráulico con acumulación de energía.

Los resultados de este trabajo dieron lugar a la patente número 488872 que en la actualidad está siendo explotada por la firma SADRIN.

En esencia el vibrador fabricado por dicha empresa responde al esquema representado en la figura n.º 29.



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

Figura n.º 29. Esquema del vibrador SADRIN.



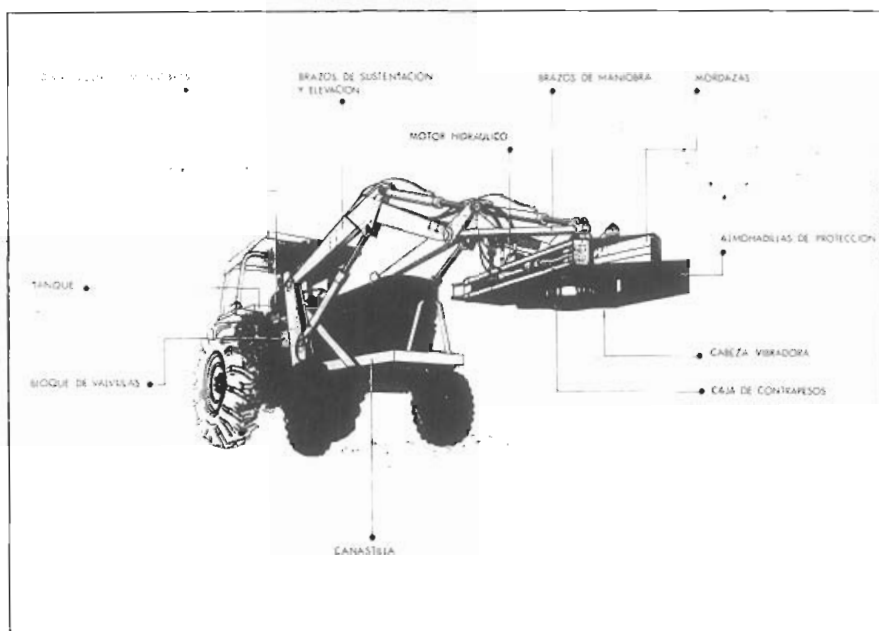


Figura n.º 29.—Esquema del vibrador SADRYN.

Las fotografías n.ºs 14 y 15 muestran el modelo comercial del vibrador construido por la referida empresa.



Foto n.º 14. Vibrador comercial SADRYN con acumulador de energía.



*Foto 15.- Vibrador comercial SADRYN con acumulador de energía.*

Hasta aquí es el estado actual de desarrollo tecnológico de los vibradores multidireccionales españoles.

La investigación actual en este campo está dirigida hacia dos objetivos fundamentales. El primero, a reducir el peso de la cabeza vibradora, con lo que, además de mejorar las características de la vibración, se facilitará el montaje del vibrador en tractores de solo dos ruedas motrices. El segundo, a mejorar el rendimiento de los sistemas de transmisión de potencia o, al menos, evitar los defectos encontrados en los actualmente existentes.

Aunque ya se han conseguido algunos avances, aún no es posible ofrecer resultados concluyentes por no estar suficientemente experimentados.

## **9. MAQUINAS PARA RECOLECCION DE FRUTO DEL SUELO**

Como se demostró, la recogida tradicional del fruto caído sobre el terreno representa el 27-28% del tiempo total necesario en la recolección manual. Es importante insistir en que dicho porcentaje está calculado para una caída natural del 8% en árboles de 35 Kg. de cosecha. Evidentemente en variedades como por ejemplo Picual, con % de aceituna desprendida naturalmente mucho más elevado, el

tiempo dedicado a esta faena es, en ciertos casos, mayor incluso que el necesario para el derribo. Prueba definitiva y concluyente de cuanto acabamos de decir es el interés que los jiennenses muestran por la resolución mecanizada de esta parte de la recolección.

En este apartado, los trabajos de investigadores y constructores no han llegado a resultados totalmente satisfactorios para el agricultor, si bien se intuye que en breve plazo habrá máquinas comercializadas capaces de ejecutar esta labor con perfección.

Todos los modelos hasta ahora desarrollados, tienen como denominador común la exigencia de un suelo bien preparado; de ahí que la labor de preparación se esté generalizando hoy día, sobre todo en las comarcas afectadas de una caída natural elevada, llegándose a ver en muchas de estas fincas suelos no trabajados y mantenidos limpios a base de herbicidas, durante todo el año, lo cual, además de permitir avances en la mecanización, produce, en muchos casos, notables incrementos en la producción y reducciones en los costos de cultivo.

Existe gran variedad de modelos comerciales de rulos, pero entre ellos hay un rodillo compactador de gran peso por unidad de longitud, de superficie lisa y provisto en su parte delantera de una cuchilla niveladora, arrastrado lateralmente por un tractor, con el que se consigue fácilmente dejar un terreno plano, y muy apto para el empleo de maquinaria de este tipo.

El ruleado debe ejecutarse con terreno suelto y antes de que lleguen las primeras lluvias para que cuando aparezcan, se produzca un apelmazamiento del suelo que permita un trabajo mejor y más cómodo durante la recolección, y posibilite el movimiento sin problemas tanto de obreros como de mallas y máquinas, lo que, lógicamente, redundará en un mayor rendimiento y, por tanto, en una reducción de los costes de recolección.

La fotografía n.º 16 muestra las características constructivas del rulo expuesto.



Foto n.º16. Rulo compactador con cuchilla niveladora.

En las máquinas propiamente dichas para la recolección de aceituna del suelo, que aunque en España aún no se han impuesto a nivel comercial, se aprecian notables avances y de ellas han aparecido en el mercado mundial prototipos y máquinas comerciales que según su forma de trabajo se pueden clasificar en tres modalidades diferentes:

- Pinchadoras.
- Barredoras.
- Aspiradoras.

De todas ellas las más desarrolladas y con más aceptación comercial han sido las que usan el principio de barrido, pues las neumáticas, además de tener una mayor complejidad, requieren una elevada potencia y las pinchadoras dañan el fruto, lo que es incompatible, salvo que la elaboración sea inmediata a la recolección, con la obtención de un zumo con la calidad que, cada día más, se le exige al aceite de oliva.

Ya en 1959, los investigadores de la Universidad de California en Davis, R.B. Fridley y P. Adrian desarrollaron una recogedora-cargadora de fruta del suelo para ciruelas y otros frutos, cuyo principio fue aceptado por las casas comerciales, y que, en esquema, es el siguiente: (Figura n.º 30)

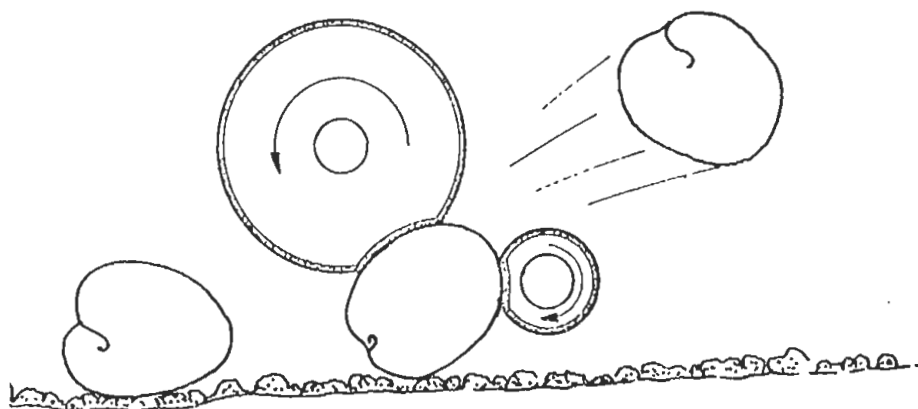
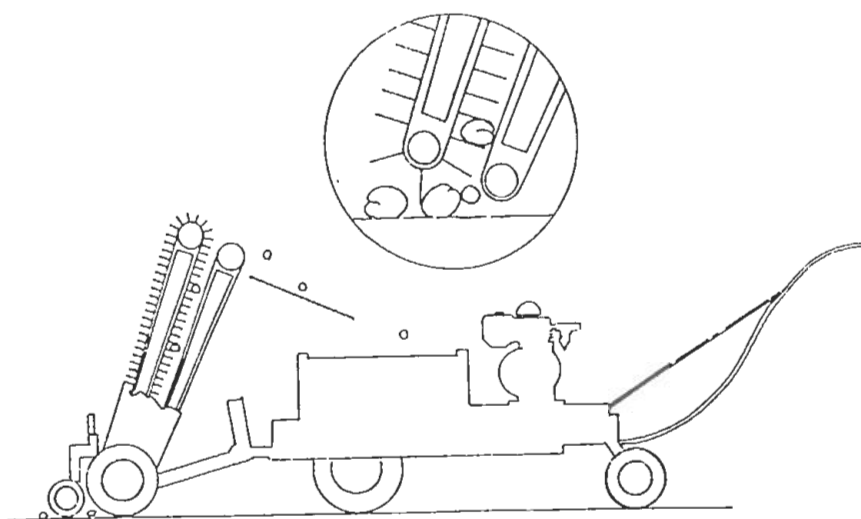


Figura n.º 30.— Principio de la recogedora de Fridley y Adrian.

Basándose en este principio construyó y ensayó un prototipo que en esencia es como se muestra a continuación. (Figura n.º 31)



*Figura n° 31. Recogedora de Fridley y Adrian.*

Desde 1965 diversas firmas californianas vienen comercializando hileradoras de fruto cuyo principio de funcionamiento es el de barriado, realizado con un sistema de molinete semejante al de las cosechadoras de cereales, colocado formando un ligero ángulo con la dirección de marcha de la máquina.

Las siguientes fotografías (de la 17 a la 20), muestran algunas de las máquinas que funcionan con el principio expuesto.



*Foto n° 17.*



Foto n° 18



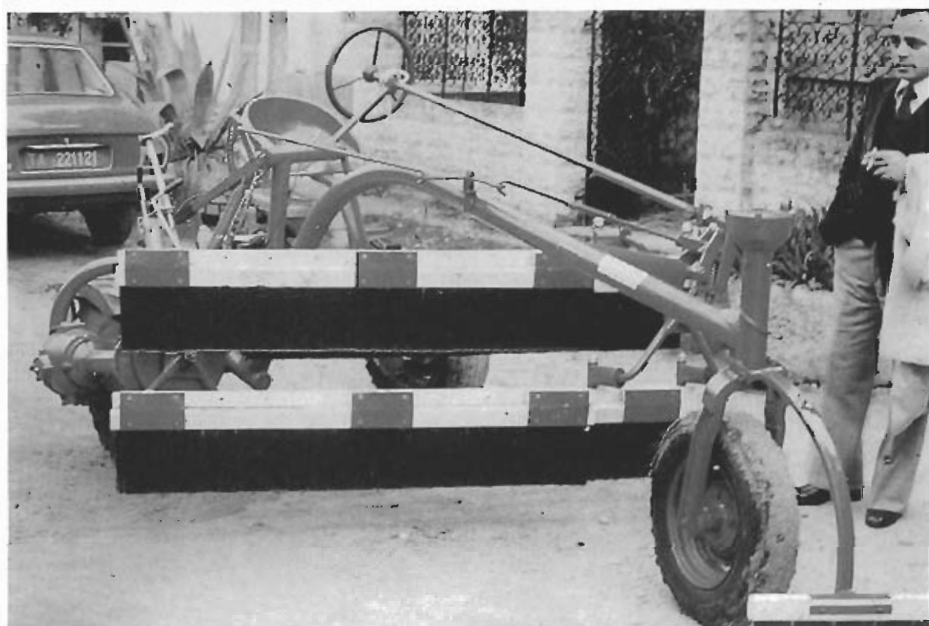
Foto n° 20

Foto n° 19



Fotos 17, 18, 19 y 20. Barredoras de molinete.

En Italia, y desde 1978, diversos investigadores, Amirante, Di Candia, Giannetta, vienen ensayando diferentes prototipos de barredoras-hileradoras, algunos de los cuales se muestran a continuación:(Fotografías n<sup>os</sup> 21 y 22)



Fotos 21 y 22. Barredoras italianas.

Todas las máquinas hasta aquí presentadas forman sobre el terreno una hilera de aceitunas con anchura variable.

La andana de fruta formada puede recogerse bien manualmente, o bien mecánicamente.

Desde 1968, algunas casas constructoras californianas comercializan máquinas recogedoras-limpiadoras-cargadoras de fruta (Fotografía n.º23), cuyo principio de funcionamiento consiste en dos cilindros, provistos de placas flexibles colocadas según sus generatrices y girando en sentidos contrarios, actuando de forma semejante a como lo hace una bomba de engranajes.



Foto n.º 23. Recogedora-limpiadora-cargadora.

Cuando se aplican al olivar estas máquinas exigen, en su mayoría, una exhaustiva preparación del suelo, y hay que conseguir una superficie muy plana y libre de impurezas que perjudicarían e incluso impedirían el normal funcionamiento de sus mecanismos.

Además, cuando el suelo está mojado y hay barro, condiciones muy normales en la recolección de aceituna, los sistemas de barrido hasta aquí desarrollados no pueden trabajar o lo hacen mal, teniendo que realizarse numerosas detenciones para la limpieza o desatascos de la tierra que queda adherida al sistema de recogida.



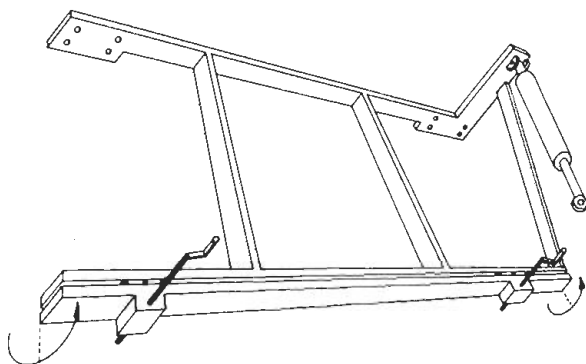
Sobre la experiencia que han proporcionado las investigaciones llevadas a cabo por el Departamento de Olivicultura y Elaiotecnia, y de la observación de las máquinas existentes y analizando sus virtudes y defectos, se ha llevado a cabo la construcción de un prototipo de máquina para la recolección del fruto caído y/o derribado sobre el terreno natural, que trata de evitar los problemas planteados por las máquinas hasta ahora desarrolladas.

El prototipo desarrollado ha sido fabricado como un conjunto formado por una hileradora de frutos de descarga lateral y una recogedora.

En la hileradora el cilindro de barrido que gira en sentido contrario al de la marcha, se ha situado formando un cierto ángulo con la dirección de avance de la máquina y queda colocado semisuspendido lateralmente al tractor, para que se pueda trabajar la zona de goteo del olivo de forma cómoda para el tractorista.

Debido al impulso comunicado a la aceituna por unas cerdas flexibles de barrido, esta es lanzada contra una pantalla colocada paralela al cilindro barredor recorriendo una trayectoria que la obliga a salir por la apertura realizada en uno de los laterales, los cuales están cerrados con placas de caucho flexibles, dejando una andana de aceitunas.

La máquina hileradora construida, que como ha sido expuesto es del tipo semisuspendida lateralmente, consta de un chasis de anclaje al tractor. Dicho chasis, dispone de dos brazos soporte con una barra fija de unión en la que se colocan dos articulaciones del tipo de bisagra que permiten el giro paralelo a ella de una viga. (Figura nº 32)



*Figura nº 32. Chasis de anclaje de la hileradora al tractor.*

Esta viga lleva dos husillos con los que se regula la altura de barrido por deslizamiento en sus respectivas guías de los dos brazos soporte del bastidor que soporta el eje de barrido.

Este, montado en sus extremos en sendos rodamientos autolineantes de lubricación por estanqueidad, es accionado hidráulicamente mediante un motor hidrostático de alto par y velocidad angular regulable manualmente para su adaptación a las diferentes condiciones de trabajo.

El chasis soporte del eje, barredor es rectangular y sobre él se coloca una carcasa metálica que los envuelve.

Un peine metálico colocado en el bastidor realiza la limpieza continua de las cerdas de barrido y unas baberas de placa de caucho cierran la máquina haciendo estanco el conjunto, y evitando casi totalmente la salida del polvo que, cuando el terreno está seco, se forma durante el funcionamiento.

Para inspeccionar el interior de la máquina se ha colocado en la carcasa una ventana con placas de apertura y cierre.

En el lateral trasero del chasis próximo al vértice más alejado al tractor, una rueda pivotante regulable en altura soporta la máquina durante el trabajo.

El conjunto se eleva para el transporte mediante un pistón hidráulico accionado manualmente por el conductor.

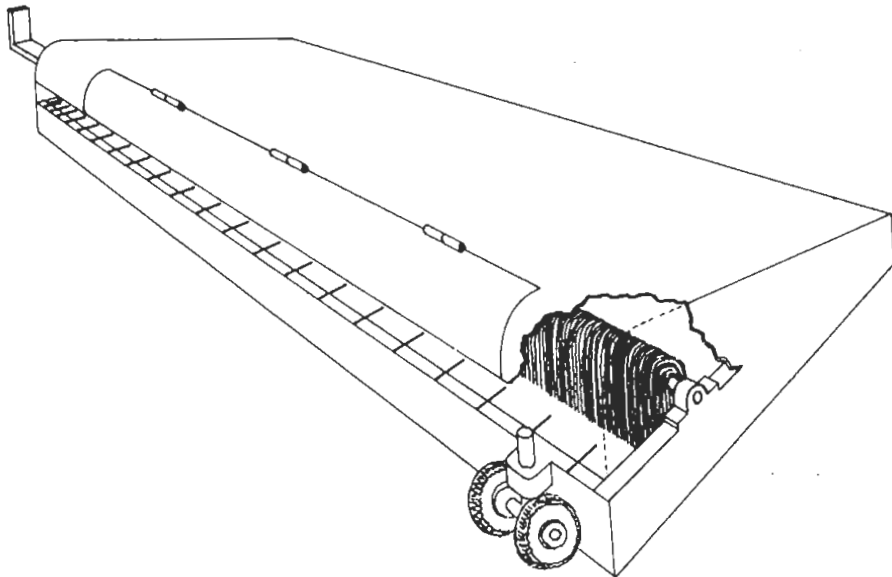


Figura nº 33. Conjunto de hiladora.

Las siguientes fotografías (24, 25 y 26), muestran el prototipo construido.



Fotos n<sup>o</sup>s 24 y 25. Berredora hileradora.



Foto n.º 26. Barredora hileradora.

La máquina recogedora limpiadora y cargadora desarrollada es del tipo semisuspendida al hidráulico del tractor.

En esencia es un remolque semisuspendido mono eje.

El chasis del remolque es un estructura rectangular que descansa sobre un eje provisto de ruedas de gran anchura, que permitan soportar la carga sin hundirse en el suelo, aunque este tenga un elevado contenido de humedad.

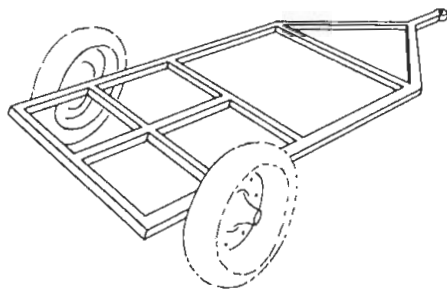


Figura n.º 34. Chasis soporte de recogedora-limpiadora-cargadora.

La recogedora, parte esencial de la máquina va montada sobre un pequeño chasis rectangular uno de cuyos laterales lleva dos articulaciones que fijas en una de las barras del chasis del remolque permiten, mediante una rueda de regulación, modificar la posición en altura del eje barreador adaptándose a las variaciones de la superficie del terreno.

El eje soporte de las cerdas de barrido es accionado hidráulicamente mediante un motor oleohidráulico del tipo hidrostático de alto par, cuya velocidad angular es regulable para su adaptación a las diferentes condiciones de trabajo. En los extremos de dicho eje hay sendos rodamientos de bolas autoalineantes y con lubricación por estanquidad.

El conjunto forma en su giro un cilindro de barrido de longitud algo superior a la anchura de la hilera de frutos formada previamente, que gira en sentido contrario al de marcha con velocidad angular regulable a voluntad del usuario.

El impulso comunicado a los frutos por las cerdas del cilindro barreador obliga a que suban por una superficie inclinada, formada por varias placas de caucho articuladas en uno de sus extremos. Con la colocación de placas diferentes se trata sencillamente de conseguir una mejor adaptación al terreno.

Al salir del plano inclinado, los frutos son obligados a elevarse siguiendo una superficie envolvente del cilindro barreador y acompañados por las cerdas de barrido son lanzados a una cinta transportadora que los eleva hasta los órganos de limpieza de la máquina.

La velocidad lineal de la cinta transportadora es regulable, mediante el cambio de los piñones de la transmisión, para una mejor adaptación a las condiciones de trabajo, fundamentalmente a la cantidad de aceituna recogida y al grado de suciedad.

El fruto recogido con todas sus impurezas es por tanto transportado hacia los órganos de limpieza. Estos consisten en una criba dotada de cepillos de limpieza continua de las varillas que la forman. Esta criba está dividida en dos partes. La primera de ellas tiene una separación entre sus varillas tal que los elementos finos y hojas pasan entre ellas, no ocurriendo así con las aceitunas, piedras, terrones y ramas, que son retenidos y transportados arrastrados por los cepillos hacia la segunda parte de la criba. En esta, se han quitado alternativamente la mitad de las varillas dejando un espacio entre ellas que sólo permite el paso de aceitunas y de ciertas impurezas de tamaño próximo al de los frutos, que caen y son almacenadas en el interior del remolque. Las piedras, terrones y ramas son arrastradas por encima de la criba y caen al suelo por detrás de la máquina.

Un tronco de pirámide invertido recibe las impurezas de pequeño tamaño devolviéndolas al terreno.

La figura nº 35 es un esquema en el que, por simple observación, se puede permitir una fácil comprensión de los principios y características de esta máquina. La figura nº 36 ofrece al lector una perspectiva externa del prototipo construido.

1. Chasis del remolque.
2. Eje.
3. Barra de chasis.
4. Chasis rectangular.
5. Articulaciones.
6. Aveda.
7. Eje cerdas barrido.
8. Motor eje barrido.
9. Superficie caucho.
10. Superficie envolvente.
11. Cinta transportadora.
12. Criba doble.
13. Cepillos limpieza cribas.
14. Pirámide invertida.

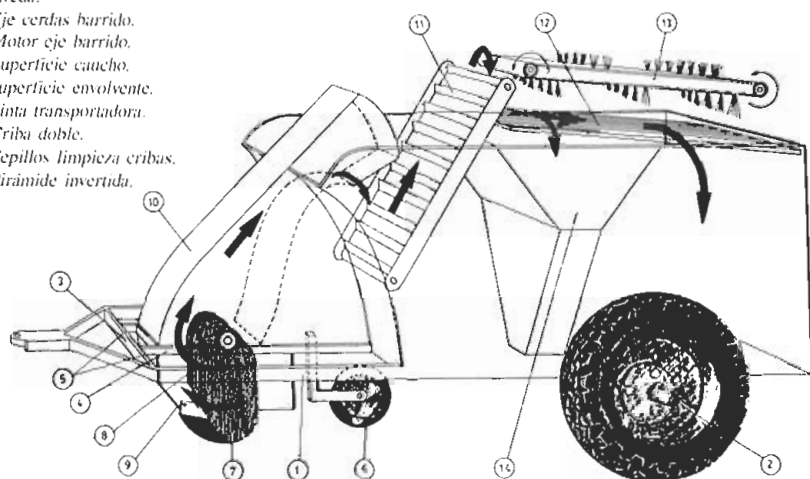


Figura nº 35. Recogedora-cargadora-limpiadora. Nomenclatura.

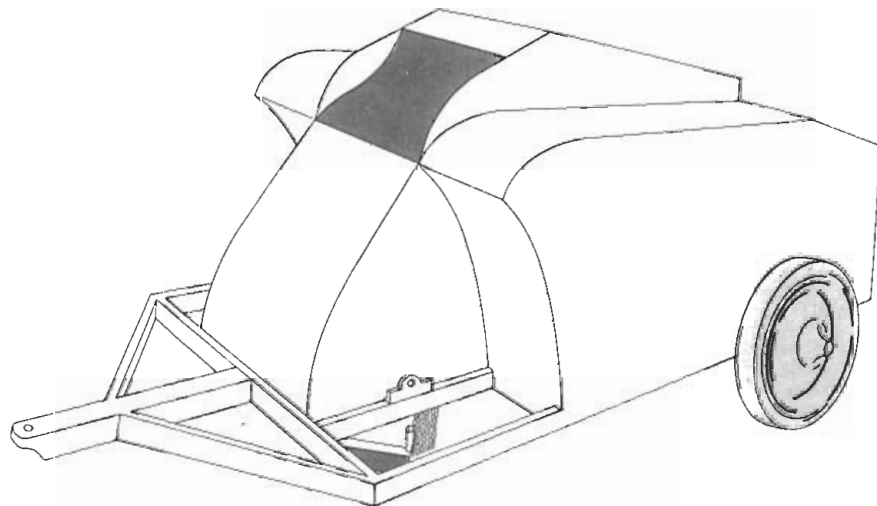
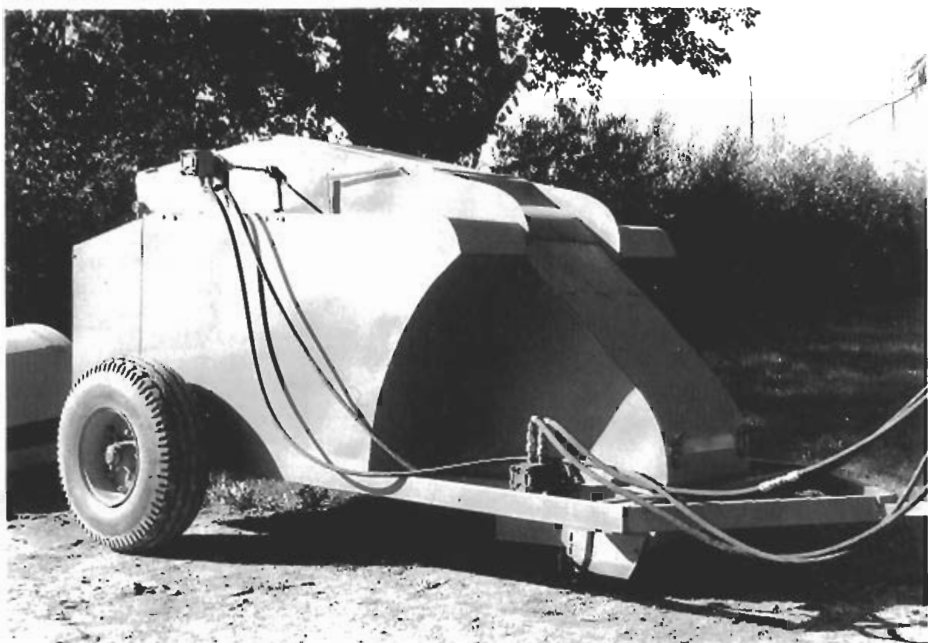


Figura nº 36. Aspecto externo del prototipo construido.



Fotos n<sup>os</sup> 27 y 28 Recogedora-limpiadora-cargadora.

La mayor parte de los órganos, de la recogedora-limpiadora-cargadora de aceitunas y otros frutos desarrolladas, dotados de movimiento, han sido accionados, como ya se ha dicho hidrostáticamente, dada la elevada sencillez y comodidad que permiten este tipo de transmisiones de potencia.

Para el accionamiento de la cinta transportadora se aprovecha el giro del eje de barrido y se realiza la transmisión mediante piñones y cadena.

El equipo hidráulico utilizado es según el método de representación ISO-CETOP como se muestra en las figuras n.ºs 37 y 38.

1. Depósito.
2. 3. Filtros.
4. Bomba hidrostática.
5. Motor alternativo.
6. Manómetro con pulsor.
7. Válvula de seguridad.
8. Distribuidor 4/3.
9. Distribuidor 4/2.
10. Cilindro doble eféc.
11. Divisor de caudal.
12. Motor.

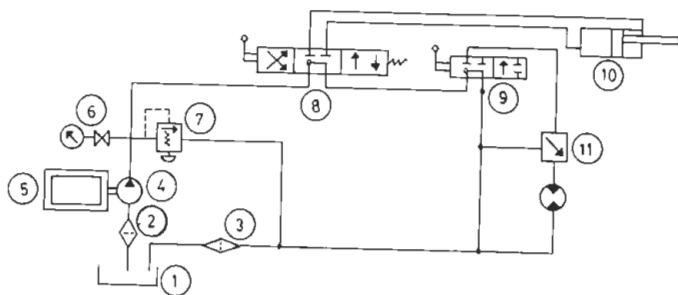
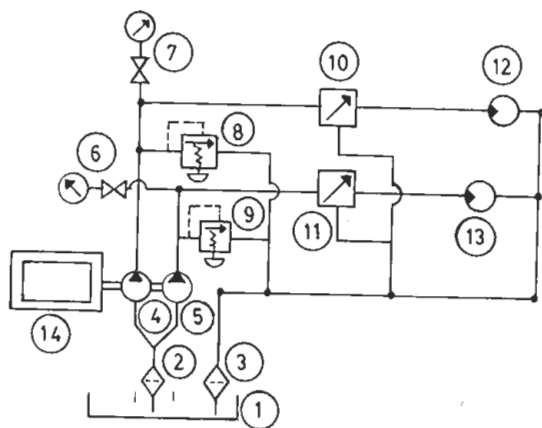


Figura nº 37. Equipo hidráulico de hileradora.



1. Depósito.
2. 3. Filtros.
4. 5. Bombas.
6. 7. Manómetros.
8. 9. Válvulas de seguridad.
10. 11. Divisores de caudal.
12. 13. Motores hidrostáticos.
14. Motor alternativo.

Figura nº 38. Equipo hidráulico de recogedora-limpiadora- cargadora.



## 10. MAQUINAS PARA LA RECEPCION DE FRUTO

La técnica normalmente utilizada, consiste en extender lienzos o mallas sobre la zona de goteo del olivo. La superficie cubierta por las lonas debe de ser mayor que dicha zona de goteo, para evitar que el fruto caiga fuera al ser derribado, lo que llevaría consigo una pérdida del mismo, por abandono sobre el terreno, o un encarecimiento de la recolección en el caso que no se deje perder y se recoja manual o mecánicamente.

Para favorecer la operación de recogida y extendido de mallas, han aparecido comercializados en el mercado español remolques con forma de tipo góngola, todos de características técnicas muy parecidas, que se muestran en los gráficos n.ºs 68, 69, 70 y 71 y cuyas fotografías se muestran seguidamente (n.ºs 29, 30, 31 y 32).

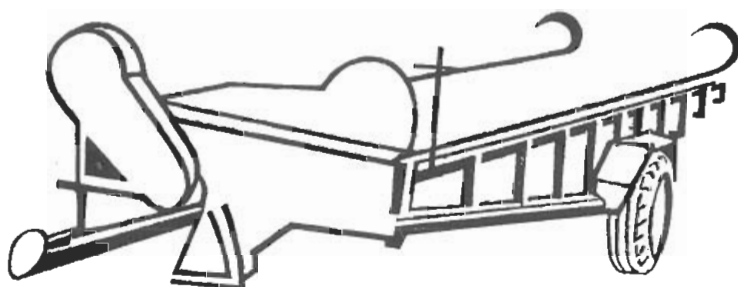


Foto n.º 29. Remolque de recepción de fruto APESUR.

El principio de funcionamiento es el siguiente: Las mallas recogidas en los ejes que permiten el giro libre, colocados longitudinalmente en el remolque, son extendidas por cuatro operarios debajo del olivo. El fruto es derribado sobre ellas y una vez cargadas con la aceituna, el operario que maneja el tractor de arrastre del remolque, acciona un embrague de garras o un motor hidráulico (depende de marcas), para hacer girar los ejes soporte de las lonas, recogiendo estas y elevando al fruto para que caiga al remolque. Con este sistema es necesaria la actuación en cada malla de dos operarios que tienen que ayudar a la elevación final del fruto para que se introduzca en el remolque.

Una sencilla modificación realizada por investigadores del Departamento de Olivicultura y Elaiotecnía ha servido para perfeccionar estos remolques haciéndolos autocargadores, y evitando además, o al menos reduciendo el molesto del fruto para la recogida mecánica de la aceituna de verdeo, que se estudiara más adelante. Así mismo resulta más cómoda la labor efectuada por los operarios, ya que evita el gran e incómodo esfuerzo que exigen los actuales remolques

para cargar el fruto. Para conseguirlo las mallas han sido sustituidas por lonas plastificadas sobre las que se han colocado listones transversales de material plástico. Dichos travesaños han sido contruidos con dimensiones tales que, por un plano inclinado con pendiente de 45 grados situado en el lateral del remolque, puedan subir sin ayuda hasta 120 kg. de aceituna.

El prototipo construido puede observarse en las fotografias nºs 30, 31 y 32, en las que se aprecia, claramente, la forma de funcionamiento.



Foto nº 30. Remolque auto cargador.



Foto 31.



Fotos 31 y 32. Detalles de funcionamiento del remolque autocargador.

Con este tipo de remolques y con un vibrador, la operación de recogida del fruto existente en el árbol puede efectuarse con las siguientes fases y personas:

- Conducción del tractor de  
 accionamiento del remolque ..... 1 tractorista
- Colocación y retirada de  
 mallas y ayuda a la vibración ..... 4 operarios
- Manejo del vibrador ..... 1 tractorista

Pero como el vibrador trabajando normalmente puede abastecer 2 remolques, el número de máquinas necesarias para la recolección mecanizada de aceituna sería de 2 remolques, 3 tractores y 1 vibrador.

El número de operarios, trabajando cómodamente, necesarios para efectuar la recolección de todo el fruto existente sobre el árbol en el momento de la recolección, es de 11, por lo que tomando como ejemplo el de árboles con 35 Kgs. de un pie y considerando un tiempo de un minuto por cada pie vibrado, el número de Kg. recogido por jornada de trabajo de 7 horas y admitiendo un 15 % de tiempos muertos, podría ser de hasta 12.600 kgs.

## II. MAQUINAS PARA LIMPIEZA DEL FRUTO

Después de la recolección es necesario proceder a la limpieza de la fruta.



Foto 1.53. Limpieza tradicional.

La antigua costumbre de cribado con ayuda manual realizada en campo, en el propio lugar de trabajo, debe ser abandonada, ya que su costo resulta prohibitivo, siendo más conveniente el centralizado de la limpia en la propia finca o en la almazara. Para ello, la aceituna a la que sólo se le hará una limpieza muy gruesa de sus impurezas se verterá en mallas, cajas o seras o bien en su caso pasarán directamente a los remolques receptores del fruto y serán trasladadas hasta la instalación limpiadora.

Según el sistema de recolección de aceituna, se utilizan dos formas de limpieza, el aventado y el aventado con lavado posterior.

El aventado se usa cuando la aceituna recogida sólo lleva impurezas de hojas y brotes.

El lavado se utiliza cuando la aceituna además de hojas y brotes lleva otras impurezas tales como barro, piedra ..., es decir, la suciedad que acompaña a la fruta recogida del suelo bien manualmente o bien mecánicamente, que en algunos casos llega hasta el 75 % en peso del producto.

En ambos casos, la faena de la limpieza de aceituna, es una operación que

en la actualidad se puede considerar satisfactoriamente resuelta, con el actual estado de desarrollo de las máquinas existentes.

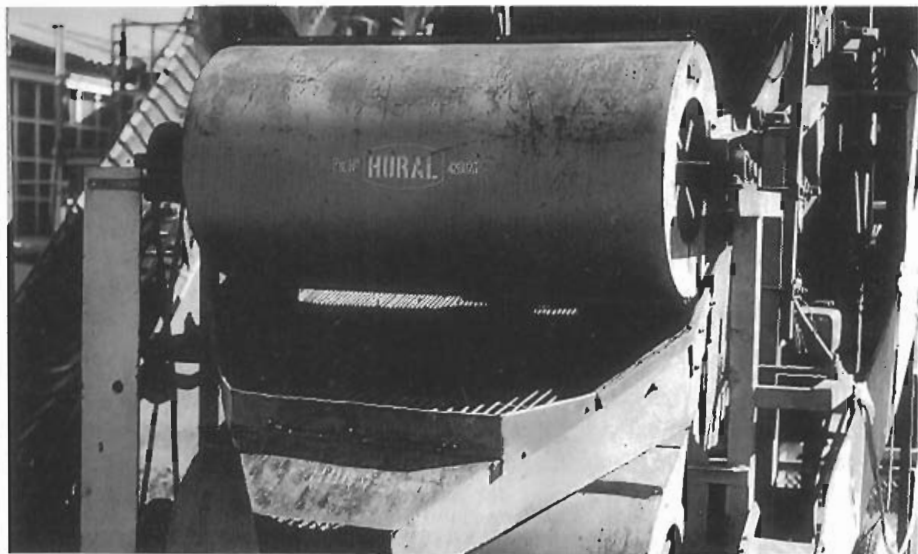
Las aventadoras mejor conseguidas son muy semejantes en su funcionamiento a las limpiadoras de cereales y de otros granos. En ellas la aceituna es sometida a corriente de aire regulable y pasa sobre una primera criba construida de redondos calibrados de acero. La separación entre ellos es tal, que permiten el paso de pequeñas impurezas y retiene la aceituna.

La criba, colocada en la máquina formando un pequeño ángulo con la horizontal, está dotada de un sistema que la hace vibrar, el cual, además de ayudar a mejorar la calidad de la limpieza, obliga a desplazarse más rápidamente sobre ella las aceitunas y las impurezas, que naturalmente ni pueden ser arrastradas por la corriente de aire, ni caben entre los redondos.

Al final de la primera criba, se instala a continuación una segunda, construida también de redondos calibrados de acero, pero con una separación tal que permiten el paso entre ellos de las aceitunas y de las impurezas de tamaño semejante a ellas, e impide el paso de objetos de mayor tamaño tales como piedras, ramas, barro... que caen fuera de la máquina.

Algunas de las aventadoras comerciales, están dotadas de un mecanismo alternativo de limpieza de cribas, lo que es muy deseable porque evita atascos, detenciones y aumenta la calidad de la limpieza obtenida.

Las siguientes fotografías (n.ºs 34 y 35) ilustran cuanto ha sido expuesto.





Fotos nº. 34 y 35. Detalles constructivos de limpiadoras aventadoras.

Estas máquinas tienen un funcionamiento continuado sin problemas y se pueden adquirir en el mercado español fabricadas por gran número de casas constructoras, existiendo versiones accionadas por motor alternativo auxiliar, por motor eléctrico y por la toma de fuerza del tractor, si bien, este último modelo, aunque es de menor precio, requiere un tractor, por lo que y salvo excepciones es desaconsejable económicamente.

Las siguientes fotografías (36, 37 y 38), muestran tres modelos de pequeñas limpiadoras móviles con los tres sistemas de accionamiento mencionados.



Foto n° 36. Limpiadora accionada por la toma de fuerza del tractor.



Foto n° 37. Limpiadora accionada por motor alternativo.

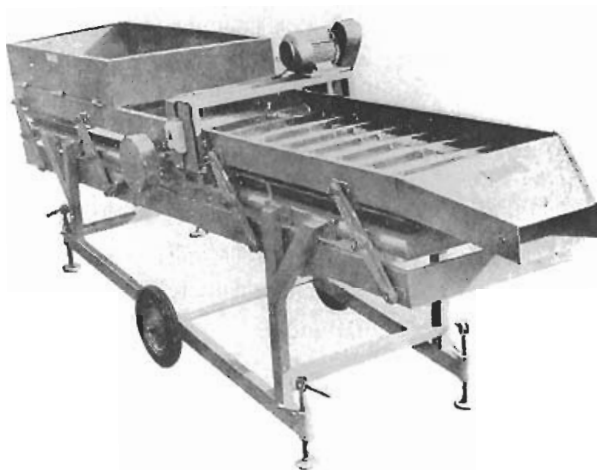


Foto n.º 38. Limpiadora accionada por motor eléctrico.

Otra limpiadora de mayor rendimiento muy extendida entre los olivaderos es la Hural, que puede verse en la fotografía n.º 39.



Fotografía n.º 39. Limpiadora HURAL.



Una vez separados del fruto los elementos gruesos, los finos, las hojas y los brotes derribados durante la recolección, las aceitunas con las impurezas de tamaño parecido al suyo, deben ser sometidas, si es necesario, a un lavado previo a su elaboración.

Las lavadoras son máquinas que en la actualidad se van imponiendo dado que cada vez son más las aceitunas que se recogen por barrido u otros sistemas mecánicos, con los que el grado de suciedad alcanzado, llega a muy elevados niveles del porcentaje en peso de la cosecha recogida.

La casi totalidad de lavadoras de aceituna comercializadas se pueden agrupar según su forma de actuación en dos tipos:

- Lavadoras que actúan por densidad.
- Lavadoras que actúan por arrastre.

En las lavadoras que actúan por densidad el principio usado consiste en disolver en el agua una sal, generalmente ClNa (sal común), en cantidad suficiente como para conseguir que sobre ella flote el fruto, con lo que se consigue la separación de aceituna e impurezas.

En las lavadoras que actúan por arrastre, fruto e impurezas son sometidas a una corriente de agua, generalmente regulable en velocidad de circulación, de forma que arrastra la aceituna y no transporta las impurezas que la acompañan.



Foto nº 40. Lavadora de aceituna funcionando por densidad.

El derrame del líquido transporta el fruto ya limpio, y las impurezas se depositan en una tolva de la que, o bien alternativamente o bien de forma continua, son evacuadas.

Las siguientes fotografías (n.ºs 40 y 41) muestran algunas de las características constructivas de los dos tipos de lavadoras descritos.



Foto n.º 41. Lavadora de aceituna funcionando por arrastre.



Foto n.º 42.

Por último y para concluir este apartado, en las fotografías n.ºs 42, 43 y 44 se presentan algunas instalaciones a escala industrial de sistemas de limpieza de aceituna.



Foto n.º 43

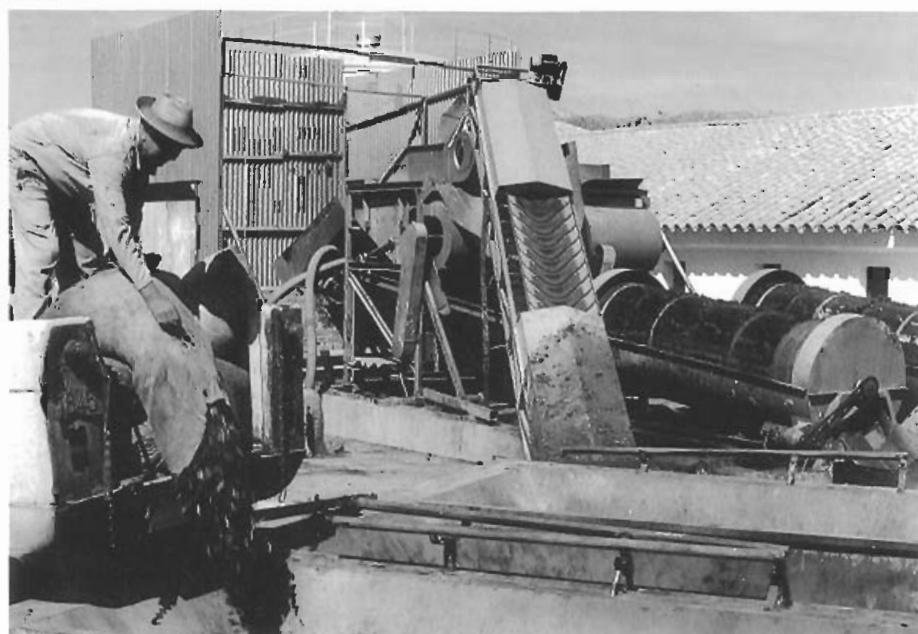


Foto n.º 44. Instalaciones industriales de limpieza de aceituna.

## 12. RECOLECCION MECANIZADA DE ACEITUNA DE VERDEO

La mecanización de la recolección de aceituna de mesa para su aderezo en verde al estilo sevillano ha presentado desde su inicio en 1974 tres problemas fundamentales.

- Baja eficacia de derribo de fruto del árbol con los vibradores.
- Alto porcentaje de aceituna molestada en comparación con la recogida manualmente.
- Bajo rendimiento en árboles vibrados por jornada de trabajo.

Ante estos hechos, y basándose en los trabajos realizados en aceituna de molino, se pensó en la utilización de productos favorecedores de la abscisión del fruto de cuya utilización se esperaba un aumento de la eficacia de los vibradores y una disminución del tiempo de vibración necesarios.

Se utilizaron varios productos comerciales y con algunos de ellos se llegaron a obtener aumentos de eficacia del 10 al 15 % y un acortamiento notable del tiempo de vibración. Aunque los daños mecánicos producidos en el fruto se redujeron significativamente, en cambio aparecieron en las aceitunas daños químicos, así como un desprendimiento elevado de hoja, llegando en algunos casos, a una defoliación casi total de los árboles.

Las siguientes fotografías (n.ºs 45, 46 y 47) ilustran los que se acaba de exponer.



Foto n.º 45. Daños producidos en olivos con productos de abscisión.



Foto n° 46. Daños producidos en olivos con productos de abscisión.

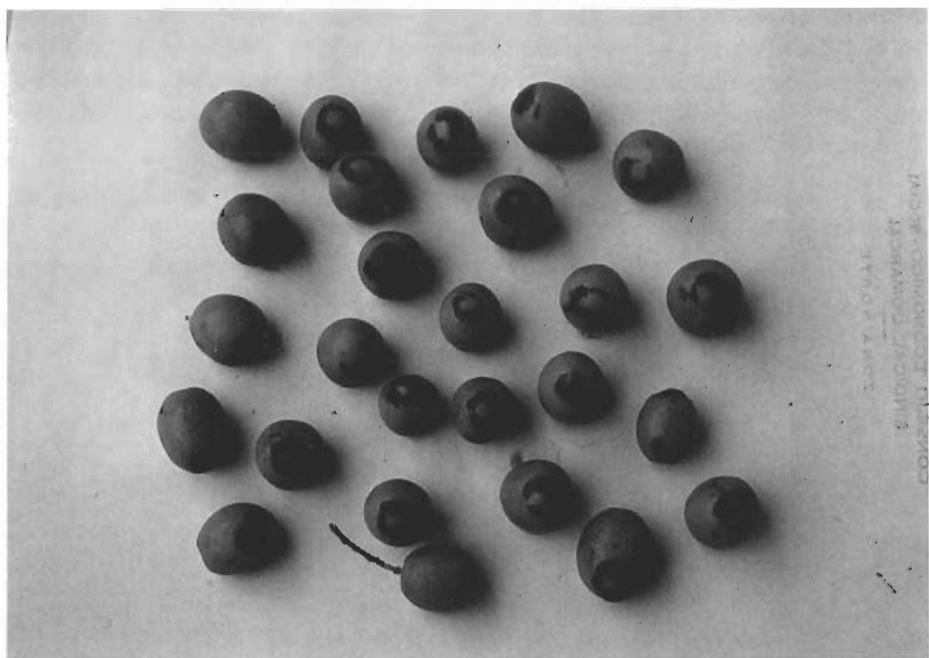


Foto n° 47. Necrosis.

Por todo ello, y como conclusión de los ensayos efectuados se puede razonar, que con el estado actual de desarrollo de estos productos químicos, el uso de productos favorecedores de la abscisión, aunque en algunos casos mejora la eficacia

de la máquina, lo hace en tan pequeña cuantía que no justifica económicamente su empleo; además, sería necesario el estudio de la presencia de restos de producto en frutos y aceite.

Por todo ello, el abandono de la utilización de estos productos químicos fue inmediato, optando por resolver mecánicamente los problemas planteados en la recogida de aceituna para mesa.

Ante el reto impuesto, se propusieron tres caminos a seguir inevitablemente:

- Aumento de la eficacia de los vibradores.
- Disminución del tiempo de vibración.
- Reducción del molestado del fruto.

En cuanto a los dos primeros, al hablar de vibradores se ha dejado suficientemente claro su estado actual de desarrollo y hoy, al menos en teoría, se está preparado para solucionarlos satisfactoriamente.

Del tercero, se sabe por estudios realizados por el D.N.O.E. que el molestado del fruto recogido mecánicamente puede valorarse en un 61 %, porcentaje que en las distintas fases que componen el proceso de recogida se distribuye como sigue:

— Vibración	22 %
— Caída del fruto hasta el manto de recepción	31 %
— Manipulación del fruto en el manto y vertido del mismo en cajas de plástico	8 %
TOTAL	61 %

Este 61 % se refiere al fruto afectado por los diferentes golpes recibidos al caer desde su posición en el árbol hasta el suelo, y realizando un escandallo inmediatamente posterior a la introducción de las aceituna en las cajas.

Se observa que si se deja reposar la aceituna después de recibir el golpe, se produce un oscurecimiento por intensificación del color verde superficial. Pasado un cierto tiempo, que depende de la intensidad y características del golpe, el fruto comienza a ennegrecerse, primero superficialmente y luego se extiende profundizando en la pulpa hasta llegar al endocarpio.

Además en gran número de frutos que en un principio no se veían afectados, al pasar el tiempo transcurrido desde la recolección, les aparecen daños, por lo que se llega a pasadas 24 horas del momento de recogida a porcentajes de frutos molestados próximos al 90 %.

Las fotografías n.ºs 48 y 49 nos muestran el molestado provocado a la aceituna en pruebas de recogida mecanizada realizadas.

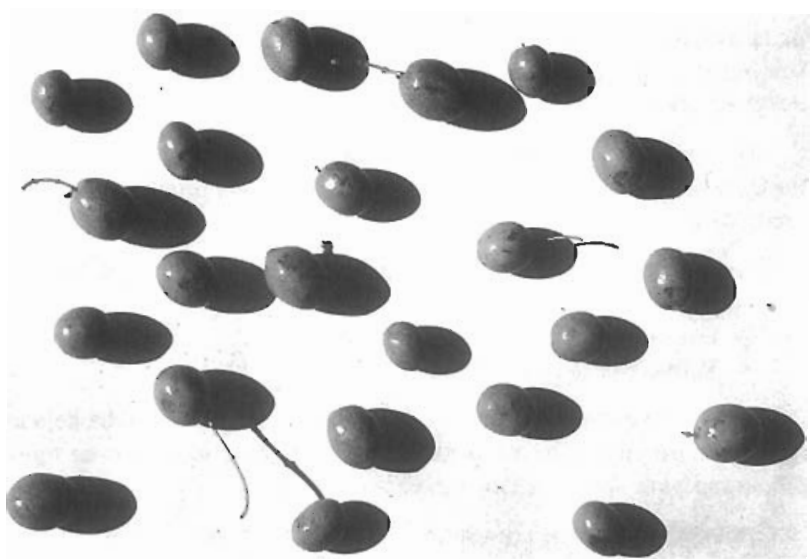


Foto n.º 48.

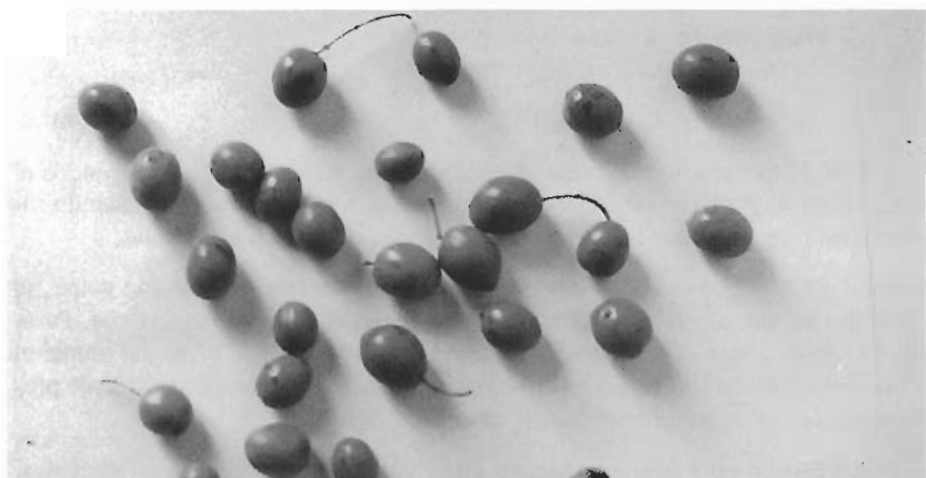


Foto n.º 49. Daños en frutos.

Asimismo, en dichas pruebas se obtuvo la curva de evolución del moleestado para fruto recogido manualmente, y se comparó con la de la aceituna recogida mecánicamente. El resultado fue el que se presenta en la fotografía n.º 39.

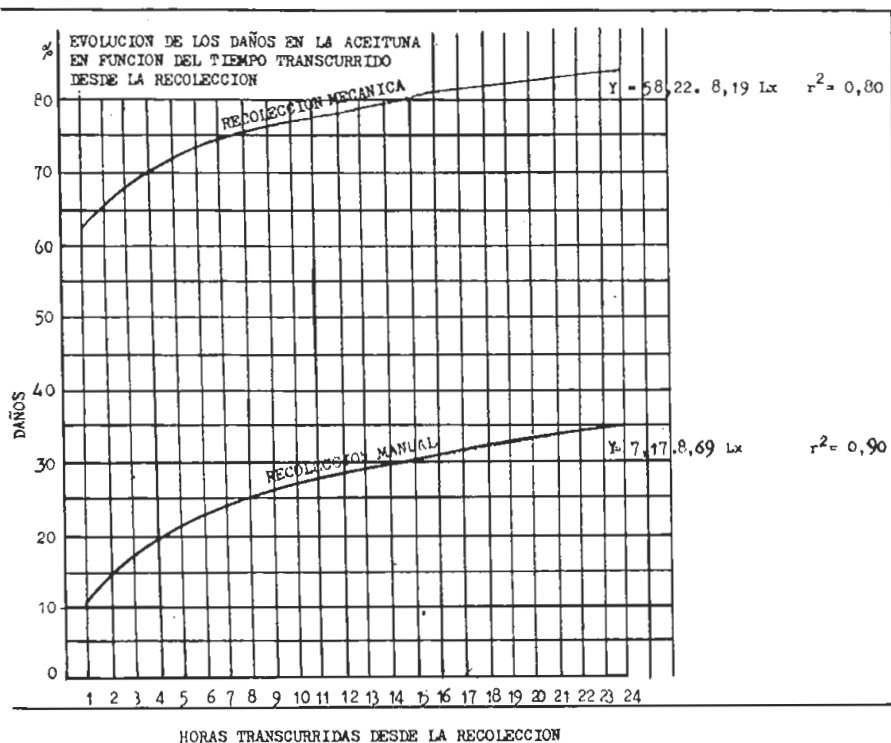


Foto n.º 39. Curvas de evolución del molesto.

De la observación de estas curvas se deduce fácilmente que:

- Los daños originados por la recolección manual y la mecánica evolucionan en el tiempo manteniéndose prácticamente constante la diferencia de % de fruto molesto existente con ambos métodos de recogida.
- Al ser similar la forma de ambas curvas, ya que como se observa una de ellas es prácticamente la traslación de la otra, se puede pensar que los daños causados en los frutos por uno u otro sistema son de iguales características, si bien de mayor cuantía en la recolección mecánica.

La idea inmediata que surge del estudio de las curvas expuestas, es la de reducir el alto porcentaje de fruto molesto o al menos evitar su evolución. Para ello se trató de encontrar un líquido conservador. En las primeras pruebas se uti-



lizó agua con salmuera, porque el líquido tenía que ser, evidentemente, de características tales que no impidiese un procesado posterior completamente normal. Pero en este medio, la evolución del molestado no pudo ser retenida ya que esta continua hasta niveles inaceptables comercialmente.

Posteriormente, se observó que efectuando el cocido de la aceituna con lejía transcurriendo un tiempo breve desde la recolección y dejando el fruto seguir una fermentación normal, no sólo se detiene el progreso del molestado, sino que además se recupera un elevado % de frutos previamente dañados, obteniéndose como resultado un fruto de calidad equiparable en cuanto a % de fruto molestado y de características organolépticas semejantes a las de la aceituna fermentada y recogida manualmente siempre con la condición de que el intervalo recolección-cocido no superase las 6 horas. Si dicho tiempo no supera 1 hora, el resultado obtenido es a veces incluso mejor en la recolección mecanizada que en la aceituna recogida y procesada con el sistema tradicional.

En el cuadro nº 11, se presentan los resultados de un ensayo de recolección realizado, con la que se obtuvieron los resultados hasta aquí expuestos.

EXPERIENCIA	FRUTO DERRIBADO POR VIBRACION INTERVALO RECOLECCION-COCIDO			FRUTO QUE PERMANECIO EN EL ARBOL DESPUES DE VIBRACION <small>1recog.manu</small>	FRUTO RECOGIDO MANUALMENTE		
	1h nº 1	6h nº 2	24h nº 3	nº 4	nº 29	nº 30	
BUCNAS	70,54	57,28	33,80	46,00	72,86	65,37	
MOLESTADO	Pequeño	10,76	14,60	15,20	10,00	17,55	21,34
	Grande	14,20	26,20	49,80	43,20	6,38	6,00
	total	24,94	40,80	65,00	53,20	23,93	27,34
VEJIGAS	0,32	0,12	—	—	1,10	3,23	
DESPELLEJADO	0,06	0,60	—	—	1,10	3,23	
ALAMBRADO	4,12	1,20	1,20	—	1,45	3,29	

Cuadro 11. Escandallo realizado sobre aceitunas verdes fermentadas recogidas con vibrador y manualmente.

Evidentemente, el problema que lleva consigo un cocido inmediato a la recolección, o en un intervalo menor de 1 hora, es que tendría que ser efectuado en el campo, lo cual es prácticamente imposible, o bien precisa una profunda modificación en los sistemas de elaboración de las fábricas de aderezo. Fue por ello, que como solución se pensó en buscar un líquido de transporte en el que inmediatamente a su derribo, se introdujera la aceituna, para que con él se evitase el progreso del molestado del fruto y a la vez que hiciera posible el transporte a fábrica,

realizando a continuación un cocido y una fermentación de características muy semejantes a las que se realizan tradicionalmente.

Se plantearon las necesarias experiencias y en ellas el líquido de transporte usado fue una lejía de baja concentración (0'8 — 1 Beume), la cual, se observó en laboratorio, que impide el progreso del molestado y penetra tan poco en la pulpa, incluso teniendo en ella la aceituna largos períodos de tiempo, que una vez en fábrica, se puede realizar un cocido prácticamente normal. Así mismo, en las experiencias de campo que se llevaron a cabo, se añadieron diferentes tipos de aditivos al líquido de conservación para tratar de evitar el posible despellejado que a veces provoca en la aceituna impidiéndole el reposo tradicional, factor que exige como se ha dicho la mecanización.

El resultado de estas experiencias se ve en el cuadro 12

ESCANDALLOS REALIZADOS SOBRE EL FRUTO FERMENTADO  
EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ENSAYO

Tratamiento		Con líquido de transporte							Sin líquido transporte			Recogida manual
		C-C	N-C	C-T	N-T	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> st	S <sub>2</sub> st	C-C	N-C	S <sub>2</sub>	
N. Muestras	1 <sup>o</sup>	A-1-2	A-3-4	A-5-8	A-9-10	A-5-6	—	—	A-11-12	A-13-14	A-15-16	A-17-18
	2 <sup>o</sup>	—	B-3-4	—	B-9-10	B-5-6	B-1-2	B-7-8	B-11-12	B-13-14	B-15-16	B-17-18
1 <sup>o</sup> Expe.	Limpias	80.7	78.0	74.7	72.9	61.4	—	—	68.6	72.0	67.2	69.9
	Molest.	6.3	6.7	6.9	7.3	9.9	—	—	9.2	8.3	13.5	2.1
	Grande											
2 <sup>o</sup> Expe.	Limpias	—	67.6	—	74.0	68.0	67.0	77.1	69.5	67.0	66.4	85.2
	Molest.	—	3.7	—	8.1	9.6	9.9	5.3	10.6	11.8	14.0	5.3
	Grande											
1 <sup>o</sup> Expe.	Limpias	99.8	83.8	95.6	100	99.8	—	—	29.5	35.3	26.0	100
	Desp. visto	0.0	9.9	1.8	0.0	0.1	—	—	41.4	44.5	57.2	0.0
	Desp. prin.	0.1	6.0	2.1	0.0	0.1	—	—	25.8	19.4	15.7	0.0
2 <sup>o</sup> Expe.	Limpias	—	99.9	—	99.3	100	99.3	100	37.1	33.8	25.6	100
	Desp. visto	—	0.1	—	0.0	0.0	0.1	0.0	9.4	10.6	29.8	0.0
	Desp. prin.	—	0.0	—	0.6	0.0	0.0	0.0	33.4	34.4	56.5	0.0

1<sup>o</sup> Escandalo

2<sup>o</sup> Escandalo

De este cuadro se deduce la efectividad de utilizar el líquido de transporte y la conveniencia de evitar el intervalo de reposo de la aceituna, reduciéndolo al mínimo posible.

A la vista de los resultados expuestos, se puede concluir que existe una viabilidad en lo referente a la recolección mecanizada de aceituna de mesa para su aderezo en verde, por lo que en fechas próximas, con el desarrollo tecnológico adecuado, podrá ser una práctica común.

### 13. ASPECTOS AGRONOMICOS. HACIA UNA MECANIZACION INTEGRAL

El tamaño de los olivos, como ya se ha expuesto, influye considerablemente en la eficacia de la vibración. Con volúmenes de copa pequeños o medianos es posible obtener, en la mayoría de los casos, derribos de fruto muy próximos al 100 %. En cambio, a medida que aumenta el tamaño esta eficacia disminuye, habiéndose demostrado una estrecha correlación negativa de la eficacia de los vibradores con relación al tamaño del olivo vibrado.

Es igualmente decisivo el factor estructura de la planta. En árboles de porte erguido se consiguen mejores eficacias que en los de fronda redondeada o péndula, ya que la vibración llega con mayor eficacia a las ramas verticales o erguidas, que a las horizontales o péndulas. En igualdad de posición, se consiguen los mejores desprendimientos de frutos en aquellas ramas a las que la vibración llega sin que existan cambios bruscos de dirección.



*Foto n.º 50.- Plantación actual para la recolección mecanizada de aceituna.*

En cuanto a las condiciones de manejabilidad de las máquinas, los árboles de un solo tronco presentan ventajas sobre aquellos formados en varios pies, por

su mayor facilidad para las maniobras de aproximación y de agarre de los troncos. No obstante, si el número de pies no es elevado, dos o incluso tres por árbol, y éstos están suficientemente separados, el rendimiento horario o eficacia de la máquina en troncos vibrados se aproxima bastante a las plantaciones con árboles formados a un sólo pie. Evidentemente no sucede lo mismo en cuanto al rendimiento horario de aceituna derribada, ya que en este caso son mejores los árboles de un pie, pues a igualdad de volumen y de número de troncos por ha., las plantaciones a un solo pie tienen una mayor superficie externa de fructificación que las de los olivos con varios troncos y por tanto una mayor cosecha por ha.

Esto, tiene de forma simplificada la siguiente explicación. Es un hecho comprobado experimentalmente que un determinado medio de cultivo posee un potencial agronómico que le permite el desarrollo sobre su superficie de un determinado volumen de copa de olivar por ha. Este se mantiene prácticamente constante e independiente, entre límites lógicos, del número de olivos plantados por unidad de superficie. Pues bien, si se considera un olivar en un suelo de tipo medio capaz de producir un volumen de copa de unos 10.000 m<sup>3</sup>/ha. es evidente que plantado 100 olivos/ha cada olivo tendrá un volumen de copa de unos 100 m<sup>3</sup>, por lo que, considerando árboles de forma esférica, se tendrá una superficie externa de fructificación de unos 10.400 m<sup>3</sup>/ha. En cambio, si la plantación se hace con 200 olivos/ha., cada árbol ofrecerá un volumen de copa de 50 m<sup>3</sup> y la superficie externa será de unos 13.000 m<sup>3</sup>/ha, por lo que, lógicamente es de esperar una producción en la plantación de más alta densidad, 1'25 veces más grande que la de baja densidad.

Es además interesante, si las variedades tienen alta densidad de copa, intensificar el aclareo de ramones, disminuyendo de una parte la masa a vibrar y aumentando de otra el tamaño de los frutos, condiciones ambas que, como ya se sabe, mejoran notablemente la eficacia del vibrado.

En relación con las nuevas plantaciones, habrán de tenerse en cuenta las características propias de la variedad a plantar. Para ello y dentro de las variedades más productivas deberán elegirse aquellas de frutos más gruesos, de maduración más uniforme, y poco propensas a la caída natural.

Además los árboles se formarán con la cruz a una altura que facilite la manobra de agarre de la pinza vibradora, y debe ser como mínimo de unos 100 cm.

El número de ramas principales no deberá ser alto pues ello ocasiona una apertura excesiva de la copa, lo que reducirá la eficacia y la eficiencia de la máquina vibradora, pues ofrecerán más problemas para el agarre y disminuirá la eficacia de la vibración, ya que, como ha sido dicho, mayores cambios de dirección implican peor transmisión del movimiento desde la cabeza vibradora hasta el fruto.

En cuanto a la densidad de las nuevas plantaciones, y consecuentemente al tamaño de los árboles, se ha de tener presente que los vibradores de troncos necesitan amplios espacios de maniobra, y que su rendimiento horario en pies vibrados no estará prácticamente afectado por pequeñas diferencias de distancias entre árboles. En este caso se obtendrá una recolección más económica con árboles de mayor tamaño y producción dado que por cada actuación de la máquina se recogerá mayor cantidad de fruto, siempre que no se supere el límite de tamaño vibrable. Se puede aconsejar, por la experiencia sobre este tema, que 200 a 250 plantas por hectárea pueden proporcionar las condiciones adecuadas, o lo que supondría unos marcos de plantación con distancias entre plantas de 6-7 m. y un volumen de copa por árbol de unos 50 m.



*Foto n.º 51. Olivar de 7 años en no cultivo y regado por goteo.*

Formando el olivar con las características expuestas, la mecanización integral de la recolección de aceituna podría ser considerada, al igual que lo ha sido para otros cultivos, técnicamente viable, pero para ello resulta inevitable la conjunción agronomía-mecanización, como ha ocurrido en otras ramas de la fruticultura, y es por ello que es posible, en el momento actual, encontrar máquinas capaces de realizar una recolección integral de fruta. De este modo, se han cambiado los cultivos tradicionales por plantaciones uniformemente distribuidas en

el terreno, con marcos apropiados para obtener un lógico aprovechamiento de suelo, agua y luz. Así es posible ver plantaciones con árboles frutales de un solo tronco, con densidades de plantación elevadas, acordes con las evoluciones en el terreno de las máquinas y con el tamaño apropiado de árboles para su manejo fácil por las mismas.

En Olivicultura, como un cultivo frutal que es, sería posible una mecanización integral si las plantaciones se efectuaban acordes con la tecnología de cultivo exigida por la maquinaria, aunque esto supondría cambiar la estructura del cultivo tradicional, lo cual, aunque parezca extraño, en la mayor parte de nuestra Olivicultura consistiría en plantar los mismos árboles por ha que han venido colocando tradicionalmente, pero distribuidos en el terreno teniendo en cuenta los conceptos expuestos; es decir, los 80-90 olivos/ha de 2 a 3 pies de las plantaciones efectuadas con sistema tradicional, deberán ser colocados en el terreno como 160-270 árboles a los que se les evita competir por el suelo, agua y luz y posibilitan la mecanización integral de la recolección de su fruta.

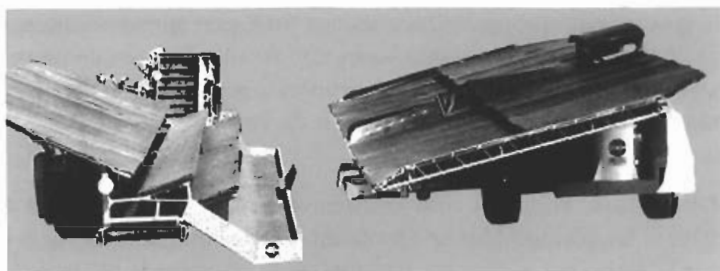
Existen en éste país determinadas zonas olivareras con densidades de plantación bajas, de 80-100 árboles por Ha., y con olivos de un solo tronco (por ejemplo los pagos de Lucena, Castellón y Tarragona; en ellos, los diámetros de troncos y los volúmenes de copa son tan elevados, que las actuales técnicas de recolección resultan inútiles al aplicarlas. En estas zonas, la evolución hacia una olivicultura moderna es ineludible, si se pretende conseguir la recolección mecanizada de su aceituna.

Con una Olivicultura nueva con las características deseables, sí que es posible pensar en ciertas máquinas que están comercializadas en otros países y que desde hace algunos años se vienen aplicando a otros cultivos; con ellas se podrían conseguir notables avances en la mecanización de la resolución de la aceituna y sería factible alcanzar el grado de desarrollo tecnológico-agronómico con el que se consiga la fabricación y comercialización de cosechadoras integrales de aceituna.

Estas máquinas según su forma de trabajo se pueden clasificar en:

- Cosechadoras de plano inclinado.
- Cosechadoras de paraguas invertido.

Equipadas en todas las marcas y modelos con vibradores multidireccionales para derribo de fruto, con principios de funcionamiento semejantes a los expuestos. Algunas de éstas máquinas pueden verse en las fotografías que se presentan a continuación, las cuales por ser suficientemente explícitas permiten observar las características y principios de su funcionamiento.



Fotos n.º 52 y 53. Equipo de recolección KILBY recogido para el movimiento y en el momento de efectuar la vibración (nótese el desplazamiento de los planos inclinados, receptores del fruto derribado).

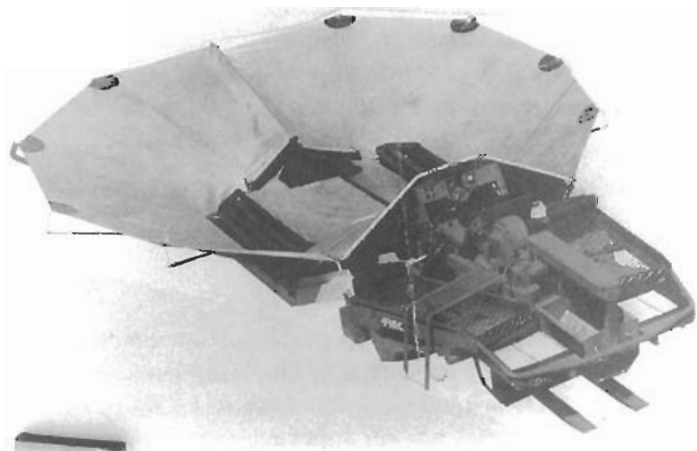


Foto n.º 54. Vibrador autopropulsado con receptáculo recogedor de frutos F.M.C.



Fotos n.º 55, 56 y 57. Vibrador con triciclo autopropulsado y receptáculo recogedor de fruto O.M.C.

(Obsérvese las tres fases de trabajo.

1. Llegada al árbol.
2. Extensión del receptáculo.
3. Vibración del fruto.



Como resumen de cuanto acaba de exponer en este apartado se puede decir que llevando a cabo una conjunción entre los avances tecnológicos y los nuevos conceptos de olivicultura, la recolección mecanizada integral de la aceituna en nuestro país, en un plazo relativamente corto, será un hecho para, al menos, un 40-50 % del olivar español

#### **14. RENDIMIENTOS DE TRABAJO DE LAS MAQUINAS EN LA RECOLECCION DE ACEITUNA.**

Aunque el rendimiento de trabajo de cualquier máquina está muy unido a las condiciones de funcionamiento se pueden considerar realistas los siguientes valores:

- Máquinas para derribo del fruto.
- Arboles de tres troncos ..... 60-70 seg/tronco.
- Arboles de dos troncos ..... 45-60 seg/tronco.
- Arboles de un tronco ..... 30-45 seg/tronco.
- Máquinas para la recolección del fruto del suelo.  
0'75-1 hora/ha.
- Máquinas para la recepción del fruto.  
3 minutos/olivo.
- Máquinas para la limpieza del fruto.  
Muy variable, desde 1.000 hasta 10.000 Kg/hora.
- Máquinas para lavado del fruto.  
Muy variable, desde 5.000 hasta 20.000 Kg/hora.

#### **15. USO Y ENTRETENIMIENTO**

Las características de funcionamiento de las máquinas expuestas, y su elevado nivel tecnológico hacen recomendable para los usuarios la adquisición de conocimientos de los principios que permiten un uso adecuado, porque gracias a ellos se puede alargar la vida de las máquinas y evitar averías durante el funcionamiento, lo que redundará en una más elevada rentabilidad.

Por ser el equipo hidráulico, la parte más delicada de cuantas máquinas han

sido tratadas, se exponen a continuación algunas de las recomendaciones que, para su correcto mantenimiento, hacen los fabricantes de material hidrostático.

— Diariamente debe:

- Verificar el nivel de aceite del depósito y observar el aspecto de aquél.
- Observar las tuberías y conexiones para detectar la aparición de fugas.
- Comprobar la temperatura del aceite.
- Comprobar las presiones de funcionamiento.

— Semanalmente se debe:

- Limpiar los filtros.
- Comprobar los elementos de sujeción al tractor de los componentes del circuito hidráulico.

- Verificar la presión de inflado del acumulador.

— Al final de campaña hay que:

- Verificar los manómetros.
- Limpiar los filtros.
- Limpiar depósito.
- Limpiar y comprobar válvulas.

— Para ayuda de los usuarios, se presentan a continuación algunas de las anomalías más frecuentes en los equipos hidráulicos así como posibles causas:

— No hay presión.

- No hay aceite, o está demasiado bajo de nivel.
- Válvula limitadora de presión en mal estado o bloqueada.
- Bomba rota.

— Presión insuficiente.

- Poco aceite.
- Válvula de presión mal regulada.
- Aceite con impurezas que bloquean las válvulas.
- Bomba rayada.

— Cilindros hidráulicos con movimiento anormal.

- Tuberías dobladas.
- Aire en el circuito.
- Aceite demasiado frío.
- Válvula de presión en mal estado.
- Bomba en mal estado.
- Regulador de caudal atascado.

— Cilindros hidráulicos no se desplazan.

- Bomba rota o en mal estado.
  - Distribuidor averiado.
  - Válvula de presión rota o mal tarada.
  - Pistón desgastado.
  - Empaquetadura del émbolo del pistón rota o en mal estado.
- Cilindros hidráulicos no mantienen su posición.
- Distribuidor en mal estado.
  - Juntas de pistón desgastadas.
- Motor no gira.
- Bomba rota.
  - Válvula de presión abierta.
  - Motor averiado.
- Calentamiento excesivo del aceite.
- Válvula de presión tarada demasiado baja.
  - Fugas internas en el distribuidor demasiado grande.
  - Nivel de aceite bajo.
  - Bomba en mal estado.
  - Motor averiado.
  - Temperatura ambiente muy alta.
- Cavitación.
- Filtro de aspiración sucio.
  - Depósito tapado sin entrada de aire.
  - Aceite muy frío o bajo de nivel.
  - Tubería de aspiración mal dimensionada.
  - Válvula de aislamiento del depósito cerrada o abierta insuficientemente.
- Eje soporte de contrapesos se calienta excesivamente.
- Correas poco densadas.
  - Rodamientos de poleas soporte de contrapesos sin grasa o rotos.
  - Excesivo tiempo continuado de vibración.
- Olor a quemado en la cabeza vibradora.
- Placas de caucho de protección de cojines de pinza sin grasa.
  - Correas poco tensadas.
  - Rodamientos de poleas soporte de contrapesos en mal estado, o cojines de pinza demasiado calientes por un tiempo continuado de vibración excesivamente largo.
- Ruido excesivo durante la vibración.
- Verificar tornillos soporte de contrapesos.

- Holgadura excesiva en los bulones de articulaciones.
- Tornillos y tuercas flojos.
- Eje soporte de contrapesos flojo.

Por último, y como consejos útiles para el entretenimiento de las máquinas, decir que una vez finalizada la campaña y se van a guardar, es necesario proceder a una perfecta limpieza de la mismas.

A continuación se observarán los mecanismos de potencia y en general todos aquellos dotados de movimiento en los que se comprobaron sus ejes y demás componentes.

Una vez finalizada la comprobación y reparadas las anomalías surgidas durante la campaña de trabajo, se procederá a una revisión general de las máquinas apretando tornillos y tuercas, soldaduras...

Se protegerán con aceite los elementos susceptibles de oxidación, y por último se pintará la máquina total o parcialmente, según necesidades, y se guardará en lugar que la protega de las inclemencias atmosféricas.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor agradece las enseñanzas y consejos que tan pródigamente le ha dedicado D. José Humanes Guillén, Doctor Ingeniero Agrónomo, maestro de reconocido prestigio en Olivicultura y las ayudas y facilidades recibidas de todos sus compañeros y amigos de las casas comerciales interesadas en el desarrollo de la mecanización del olivar.

## BIBLIOGRAFIA

- ADRIAN, P. A.; FRIDLEY, R. B.; (1965). Forced vibration of a tree limb. Transactions of the ASAE 8 (4): 473-475.
- AMIRANTE, P. (1967). Ricerche teoriche e di laboratorio sulla raccolta pneumatica delle olive da terra. Annali della facoltà di agraria dell'universitaria di Bari V.XXI.
- AMIRANTE, P.; BELLOMO, F. (1979). La meccanizzazione della raccolta delle olive-situazione attuale e prospettive future. Istituto di meccanica agraria de Bari. Italia.
- ARRIVO, A; BELLOMO, F. (1982). Indagine sulle modalità di raccolta delle olive in Puglia e fattori che possono condizionare lo sviluppo della meccanizzazione. *Machine e Motori Agricoli* N. 1: 4-15.
- BADEI, L. I; POZO, J.F. del. (1969). Recolección mecanizada de aceituna. Ministerio de Agricultura.
- BALDINI, F.; PELLIZZI, S. (1978). Meccanizzazione della raccolta delle olive. Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- BENAVIDES, J. M.; CIVANTOS, L. (1983). Explotaciones olivereras colaboradoras N. 7. No laboreo en el olivar. Ministerio de Agricultura.
- CASIMIRO, A. (1985). Implicaciones del cambio tecnológico en la recolección de la aceituna. Trabajo presentado en el III Curso de recolección mecanizada de aceituna.
- CIVANTOS, L. (1985). Los costes en la recolección de aceituna. Cálculo y aplicación. IV curso sobre Recolección Mecanizada de Aceituna.
- DESNIS, L.; MARSICO, D. F. (1975). *Olivicultura Moderna*. Editorial Agrícola Española.
- DIPAOLA, G. (1966). La meccanizzazione della raccolta della frutta con particolare riferimento all'ulivo. II Congresso Nazionale sulla Productivita in Agricoltura.
- DIPAOLA, G.; AMIRANTE, P. (1969). Recenti orientamenti sulla meccanizzazione delle coltura ortiva; industriali e dell'olivo. *Terra Pugliese* N. 6 (XVIII).
- DIPAOLA, G.; GUARELLA, P. ( ). Le macchine per la raccolta delle olive. Ente Utenti Motori Agricoli.
- DIPAOLA, G.; TRENTAQUE, A.; ARRIVO, A. (1969). Considerazioni di meccanica sui metodi per la raccolta della frutta con particolare riferimento all'ulivo. *Macchine & Motori Agricoli* N. 9: 95-100.
- DIPAOLA, G. (1979). Retrospectiva e prospettiva nella ricerca e nella sperimentazione sulla raccolta meccanica delle olive. Consultazione sulle Reti Europee di Cooperazione in materia di olivicoltura.
- FERREIRA, J.; GARCIA, A. (1971). Ensayos de pulverizaciones con diversos productos para facilitar la recolección de la aceituna. III Conferencia Internacional de Técnicos Oleícolas.
- FRIDLEY, R. B.; ADRIAN, P. A. (1953). Development of a fruit and put harvester. *Agricultural Engineering* vol. 40 N. 7: 386-391.
- FRIDLEY, R. B.; ADRIAN, P. A. (1966). Mechanical harvesting equipment for deciduous tree fruits. *University of California Bulletin* 825.
- FRIDLEY, R. B.; HARTMANN, H. T. (1971). Olive harvest mechanization in California. *University of California Bulletin* 855.
- FRIDLEY, R. B.; HARTMANN, H. T. (1972). Mechanical harvesting of olives. Paper of the ASAE 72 (141).

- FRIDLEY, R. B.; MEHLSCHAU, J. J. (1973). Mechanical harvesting of olives. Transactions of the ASAE 16 (1): 58-61.
- GIAMETTA, G. (1975). La recolección mecánica de las aceitunas en Argelia. OLIVAE Dic. 85 II año N. 9: 23-25.
- GIAMETTA, G. (1979). Operazione complementari alla raccolta delle olive. Meccanica Agraria: 10661-10666.
- GIAMETTA, G. (1980). La recolección mecánica de aceitunas con máquinas y equipos diversos. OLEA Junio 81: 19-43.
- GIAMETTA, G.; HUMANES, J. (1984). Recolección mecánica de aceituna. Estado actual del problema. Proyecto Regional para la Mejora de la Olivicultura. P.N.U.D.—F.A.O.
- GIL, J.; ORTIZ-CAÑAVATE, J. (1986). Estudio dinámico del sistema vibrador-tronco durante la vibración multidireccional de un poste de ensayos.
- GONZALVES, F. (1970). A colheita mecânica de azeituna. Boletim da Junta Nacional do Azeite n. 79.
- GUARELLA, P. (1968). Considerazioni tecnico-economiche sulla raccolta meccanica delle olive (in particolare per il metodo vibratorio). Rassegna Pugliese di Tecnica Vinicola e Agraria. Suplemento al N. 6.
- GUARELLA, P. (1976). Raccolta meccanica delle olive recenti orientamenti. Estratto da «Frutticoltura» anno XXXVIII N. 12.
- HAPTMANN, H. T.; REED, W. (1975). Mechanical harvesting of olives. California Agriculture June 75: 4-6.
- HERRUZO, B.; HOLGADO, G.; PASTOR, M. (1975). Recolección mecanizada de la aceituna; Influencia de la época de recolección. II Seminario Oleícola Internacional.
- HERRUZO, B.; HOLGADO, G.; PASTOR, M. (1975). Recolección mecanizada de aceituna de mesa en verde. II Seminario Oleícola Internacional.
- HERRUZO, B.; PASTOR, M.; HOLGADO, G. (1975). Consideraciones sobre la forma del olivo para una mejor recogida mecánica con vibrador. II Seminario Oleícola Internacional.
- HERRUZO, B.; PASTOR, M.; HOLGADO, G. (1975). Resultados de tres años de ensayos sobre recolección mecanizada de aceituna de mesa. C.E.M.E.D.E.T.O. (Córdoba).
- HUMANES, J. (1969). Nuevas plantaciones de olivar. Ministerio de Agricultura.
- HUMANES, J.; HERRUZO, B. (1977). Problemas del verdeo. Colaboraciones Técnicas, Revista Agricultura: 618-619.
- HUMANES, J.; HERRUZO, B. (1977). Recolección mecánica de aceituna. Influencia de la época de recogida. C.E.M.E.D.E.T.O. (Córdoba).
- HUMANES, J.; PASTOR, M. (1979). Recolección mecánica de aceituna. Explotaciones Olivareras Colaboradoras. Ministerio de Agricultura.
- HUMANES, J.; HERRUZO, B. ( ). Recolección mecánica de aceituna de mesa variedad manzanilla para su aderezo al estilo sevillano.
- HUMANES, J.; PASTOR, M. ( ). Influencia de los métodos de recolección manual y mecánico de la aceituna, sobre la cosecha del año siguiente. I.N.I.A. (Córdoba).

- MARTIN, J. A. (1975). *Olivar intensivo*. Editorial Agrícola Española, S.A.
- MARTINEZ, J. M.; GOMEZ, C. (1974). *Manual de Elaiotecnía*. Editorial Agrícola Española, S.A.
- MEHLSCHAU, J. J. (1976). *Olive harvest mechanization*. University of California.
- PANARO, V. (1976). L'effetto vibratorio quale procedimento piu indicato per la raccolta meccanica delle olive. *Rassegna Pugliese di Tecnica Vinicola e Agraria* N. 1.
- PANARO, V. (1976). La meccanizzazione in olivicoltura con particolare riguardo alla raccolta. *Scienza e Tecnica Agraria* Vol. XVI N. 5 Fsc. IV: 165-188.
- PASTOR, M. (1977). Consideraciones sobre las densidades de plantación en la nueva Olivicultura intensiva. C.F.M.E.D.E.D.T.O.
- PASTOR, M.; HUMANES, J. (1978). Plantaciones intensivas de olivar. Seminario sobre el Olivar y otras Plantas Oleaginosas cultivadas en Túnez.
- PASTOR, M. (1978). La recolección del olivar. *El Correo de Andalucía*. Domingo 19-111.
- PASTOR, M.; MARQUEZ, J.; HERRUZO, B.; PORRAS, A. (1979). Recolección mecanizada de aceituna de mesa para aderezo al estilo sevillano. C.E.M.E.D.E.T.O. (Córdoba).
- PASTOR, M.; CIVANTOS, L. (1981). Explotaciones olivareras colaboradoras N. 6: Ensayos de marcos de plantación en olivar. Ministerio de Agricultura.
- PASTOR, M. (1984). La nueva olivicultura. Departamento Nacional de Olivicultura y Elaiotecnía (Córdoba).
- PICCAROLO, P. (1981). Raccolta meccanica delle olive e problemi connessi. *Frutticoltura* Enero 81: 13-22.
- PORRAS, A. (1980). Recolección de aceituna. Su estado actual de Mecanización. *Agricultura*.
- PORRAS, A.; TORRES, B. J.; BARASONA, J. (1985). Estudio teórico práctico de la vibración producida por los vibradores multidireccionales para derribo de fruto de los árboles. IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica.
- PORRAS, A.; HUMANES, J.; HERRUZO, B. (1980). Recolección de aceituna. Hacia una mecanización integral. *OLEA*.
- PORRAS, A. (1985). Derribo de aceituna. Principios y máquinas. IV Curso de Recolección Mecanizada de aceituna.
- PORRAS, A. (1984). Recolección mecanizada de aceituna. Departamento de Olivicultura y Elaiotecnía.
- PORRAS, A.; HOLGADO, G.; GOMEZ, J. (1987). Sistema de recogida y limpia del fruto caído y/o derribado sobre el terreno. Comunicación Presentada a la XIX Conferencia Internacional de Mecanización Agraria.
- PUERTA, C. de la; BORRERO, L. (1972). *El olivar español*. Ministerio de Agricultura.
- SEVILLA, J. (1978). Cuidados culturales en las plantaciones intensivas de olivar. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura.
- SIERRA, A.; HUMANES, J. (1974). Explotaciones olivareras colaboradoras N. 1: Análisis de las operaciones de cultivo. Ministerio de Agricultura.
- SIERRA, A.; MIGUEL, A. (1974). Explotaciones olivareras colaboradoras N. 2: Recolección. Ministerio de Agricultura.

- SIERRA, A.; HUMANES, J. (1974). Explotaciones olivareceras colaboradoras N. 4: Plantaciones intensivas. Ministerio de Agricultura.
- SPITZER, M.; SARIG, Y. (1977). Experiments in mechanical harvesting of olives, utilizing mechanical picking aids. The Volcani Center Israel.
- UCEDA, M.; FRIAS, L. (1981). Epocas de recolección. Evolución del contenido graso del fruto y de la composición y calidad del aceite.
- VIOQUE, B. (1979). Estudio de procesos bioquímicos implicados en la abscisión de la aceituna. Fundación Juan Mach Vol. 5.





